



**Estudio de factibilidad para la implementación de una tecnología de aprovechamiento  
Energético de residuos orgánicos en la ciudad de Bucaramanga**

**Eduardo Alberto Pla Cala**

**Marlhin Amada López Miranda**

**Universidad Autónoma de Bucaramanga**

**Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables**

**Maestría en Administración de Empresas**

**Bucaramanga**

**2019**

**Estudio de factibilidad para la implementación de una tecnología de aprovechamiento  
Energético de residuos orgánicos en la ciudad de Bucaramanga**

Proyecto de grado para obtener el título de máster en Administración de Empresas

**Eduardo Alberto Pla Cala**

**Marlhin Amada López Miranda**

**Asesor: PhD. César Yobany Acevedo Arenas**


**Universidad Autónoma de Bucaramanga**

**Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables**

**Maestría en Administración de Empresas**

**Bucaramanga**

**2019**

	FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	
	ACTA DE CALIFICACIÓN FINAL TRABAJO DE GRADO	
	HOJA:	1 de 1

LUGAR DE LA SUSTENTACIÓN	FECHA (dd-mm-aaaa)	HORA (hh:mm)
Sala de Juntas No. 2 - Facultad de Ciencias Económicas Administrativas y Contables - 2 Piso - Edificio Administrativo.	28/05/2019	02:00 p.m.

## TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO

"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA"

AUTORES	Número de Identificación	Código UNAB	Registro
MARLHIN AMADA LOPEZ MIRANDA	1098612881	U00077978	C5-59
EDUARDO ALBERTO PLA CALA	1065608034	U00117330	
<b>DIRECTOR</b>			
CESAR GIOVANNI ACEVEDO ARENAS Mg.	91287992		
<b>CODIRECTOR</b>			
N/A			
<b>ASESOR</b>			
N/A			

OBSERVACIONES AL TRABAJO DE GRADO: \_\_\_\_\_

## CALIFICACIÓN AL TRABAJO DE GRADO Y LA SUSTENTACIÓN PRESENTADA

AUTORES	EVALUADOR		DIRECTOR		DOCENTE		CALIFICACIÓN FINAL
	Nota		Nota		Nota		
	Trabajo	Sustentación	Trabajo	Sustentación	Trabajo	Sustentación	
MARLHIN AMADA LOPEZ MIRANDA	3,9	4,0	4,7	4,0	4,0	4,0	4,1
EDUARDO ALBERTO PLA CALA	4,0	4,0	4,7	3,5	4,0	4,0	4,0




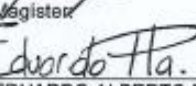
Otomar la calificación de: \_\_\_\_\_

(ACEPTADA) (A) NO ACEPTADA (NA) INCOMPLETA (I) 

Recomendar para Meritorio

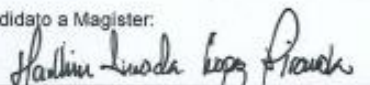
Recomendar para Laureado

## DATOS COMISIÓN EVALUADORA TRABAJO DE GRADO

	NOMBRE	FIRMA	CEDULA
Evaluador	MAURICIO MENDOZA GARCÍA Ph.D		88223688
Docente Curso Proyecto II	DIANA OLIVEROS CONTRERAS Ph.D		60265668
Director del Trabajo de Grado	CESAR GIOVANNI ACEVEDO ARENAS Mg.		91287992
Coordinador Programa	JORGE ENRIQUE MANTILLA MEDINA		13247900

Candidato a Magister:

Fdo.

  
MARLHIN AMADA LOPEZ MIRANDA

Candidato a Magister:

  
EDUARDO ALBERTO PLA CALA

Elaborado por: Coordinación Académica y Científica de la Maestría	Revisado por: Coordinación de posgrados de la Maestría	Aprobado por: Comité de Curricular Posgrados
--	---	---



## Contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>12</b>
<b>Capítulo 1. Problema .....</b>	<b>15</b>
1.1 Antecedentes.....	15
1.2 Pregunta de Investigación.....	18
1.3 Objetivos.....	18
1.4 Objetivo General.....	18
1.4.1 Objetivos Específicos.....	19
1.5 Manejo de Hipótesis .....	19
1.6 Justificación .....	20
1.6.1 Limitaciones.....	23
1.6.2 Delimitaciones .....	24
<b>Capítulo 2. Marco Referencial .....</b>	<b>26</b>
2.1 Marco Teórico .....	26
2.1.1 Aprovechamiento de Biomasa con Fines Energéticos en Colombia .....	26
2.1.2 Tecnología Waste To Energy -WTE.....	35
2.2 Estado del Arte .....	38
2.3 Marco Legal.....	42
<b>Capítulo 3. Marco Metodológico.....</b>	<b>44</b>

3.1	Tipo de Investigación .....	44
3.2	Diseño de la Investigación.....	45
3.3	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	47
3.4	Técnica de Análisis de los Datos .....	47
3.5	Operacionalización de Variables .....	47
<b>Capítulo 4. Estudio factibilidad implementación tecnología WTE™ .....</b>		<b>49</b>
4.1	Caracterización del mercado.....	49
4.1.1	Descripción del mercado colombiano.....	49
4.1.2	Fuentes primarias de recolección de residuos.....	51
4.1.3	Fuentes secundarias de producción de residuos.....	53
4.1.4	Mercado potencial.....	54
4.2	Disposición y uso de residuos orgánicos mediante la tecnología WTE Flexibuster™ ...	55
4.2.1	Poder Calorífico Equivalente de la Biomasa .....	57
4.2.2	Cadena de valor.....	57
4.2.3	Costos de implementación .....	62
4.3	Estructura legal y administrativa .....	72
4.3.1	Estructura legal .....	72
4.3.2	Estructura administrativa .....	74
4.4	Análisis financiero para la puesta en marcha .....	78
4.4.1	Tarifa de disposición de residuos generados al mes .....	78

4.4.2	Valor del servicio energía eléctrica.....	79
4.4.3	Ingresos operacionales por producción de fertilizantes .....	81
4.4.4	Estados Financieros de la puesta en marcha de la tecnología WTE Flexibuster™ ..	85
4.4.5	Modelo probabilístico. Valor presente Neto y Tasa interna de retorno .....	92
<b>Capítulo 5. Conclusiones.....</b>		<b>102</b>
<b>Capítulo 6. Recomendaciones.....</b>		<b>106</b>
<b>Capítulo 7. Referencias .....</b>		<b>107</b>
<b>Capítulo 8. Glosario .....</b>		<b>112</b>

## Lista de Figuras

Figura 1. Clasificación de los distintos tipos de biomasa disponibles .....	22
Figura 2. Transformaciones energéticas de la biomasa.....	28
Figura 3. Generación de vapor por combustión directa .....	30
Figura 4. Generación de vapor por combustión directa de lecho fluidizado.....	30
Figura 5. Descripción conceptual del proceso de gasificación con aire.....	31
Figura 6. Descripción conceptual del proceso de gasificación con oxígeno.....	32
Figura 7. Esquema de alternativas de valorización de RSO por digestión anaerobia .....	33
Figura 8. Diagrama general de planta de proceso WTE .....	37
Figura 9. Jerarquía de gestión de residuos sólidos .....	45
Figura 10. Diseño metodológico de evaluación WTE .....	46
Figura 11. Proporción de residuos en cadena de valor de residuos.....	49
Figura 12. Etapas generadoras de residuos orgánicos.....	50
Figura 13. Mercado potencial para tecnología Flexibuster <sup>TM</sup> .....	52
Figura 14. Esquemático de tecnología Flexibuster <sup>TM</sup> . Caso de estudio .....	56
Figura 15. Cadena productiva residuos orgánicos.....	58
Figura 16. Proceso de operación de tecnología WTE Flexibuster <sup>TM</sup> .....	60
Figura 17. Estructura organizativa para operación de WTE Flexibuster <sup>TM</sup> .....	76
Figura 18. Simulación Montecarlo y el resultado del VPN .....	96
Figura 19. Diagrama de distribución. Cantidad de fertilizante y VPN .....	97
Figura 20. Diagrama porcentual. TIR .....	99

## Lista de Tablas

Tabla 1. Composición de los residuos sólidos del área metropolitana de Bucaramanga .....	17
Tabla 2. Potenciales energéticos de residuos agrícolas en Colombia .....	21
Tabla 3. Resumen de poder calorífico WTE .....	36
Tabla 4. Operacionalización de variables.....	47
Tabla 5. Pérdidas y desperdicios residuos orgánicos según región del país. ....	51
Tabla 6. Residuos generados en las plazas de mercado de Bucaramanga .....	53
Tabla 7. Residuos generados y aprovechados en Bucaramanga .....	55
Tabla 8. Residuos generados y aprovechados en Floridablanca y Piedecuesta .....	55
Tabla 9. Matriz DOFA .....	61
Tabla 10. Costos arranque etapa inicial operación Flexibuster™ .....	63
Tabla 11. OPEX mensuales de operación de Flexibuster™ .....	66
Tabla 12. Otros costos y gastos anuales promedio de operación de Flexibuster™ .....	67
Tabla 13. Costos operacionales anuales promedio de Flexibuster™ .....	69
Tabla 14. Detalle de costo de equipos y periodos de vida útil .....	70
Tabla 15. Depreciación de equipos .....	71
Tabla 16. Costos directos por mano de obra .....	77
Tabla 17. Beneficio económico residuos aprovechados en Flexibuster™ .....	79
Tabla 18. Formula tarifaria y costos de energía. Bucaramanga 2019 .....	79
Tabla 19. Gasto energía eléctrica 2016-2015 en Centro Abastos Flexibuster™ .....	80
Tabla 20. Beneficio económico energía eléctrica generada en Flexibuster™ .....	80
Tabla 21. Producción de fertilizante líquido en Flexibuster™ .....	83
Tabla 22. Propiedades fertilizante líquido producido en Flexibuster™ .....	84



Tabla 23. Ventas por fertilizante líquido diarias .....	85
Tabla 24. Ingresos operacionales implementación tecnología WTE Flexibuster™ .....	86
Tabla 25. Estado de resultados implementación tecnología Flexibuster™ (en COP) .....	87
Tabla 26. Estado de flujo de caja efectivo tecnología Flexibuster™ (en COP).....	89
Tabla 27. Balance general tecnología Flexibuster™ (en COP) .....	91
Tabla 28. Variables de Entrada y métodos de varianza .....	95
Tabla 29. Tabla resumen de valores probables del VPN. ....	97
Tabla 30. Estado de flujo de caja para evaluación tecnología Flexibuster™ (en COP) .....	98
Tabla 31. Tabla resumen de valores probables de la TIR. ....	100
Tabla 32. Estadística de salida de TIR .....	100

## Resumen

En la ciudad de Bucaramanga y área metropolitana anualmente se producen mil toneladas de residuos sólidos urbanos-RSU, de los cuales el 56% corresponde a material orgánico, siendo la causa de investigación cuyo objetivo principal fue la evaluación de implementación de la tecnología WTEF (Waste To Energy Flexibuster™) para la generación de energía eléctrica y subproductos en la ciudad. Para tal fin se desarrolló la caracterización del mercado potencial, seguido del estudio de la cadena de valor, la identificación de la normatividad legal vigente para el desarrollo de la tecnología WTE y la evaluación financiera para la puesta en marcha.

Entre los resultados obtenidos se determinó que la Central de Abastos y las plazas de mercado son las mayores fuentes de generación de residuos orgánicos de Bucaramanga, puntos en los cuales se desaprovecha el 97% de estos recursos. De igual manera, se encontró que la cadena de valor de la tecnología WTE es la generación de energía en forma térmica-eléctrica además de la producción de fertilizantes asociados a la tecnología que en el país son altamente valorados y necesarios en el desarrollo del sector agro. En cuanto a la evaluación financiera de la tecnología WTE Flexibuster™ se incluyó incertidumbre al modelo y con base en una inversión inicial (Capex) de alrededor de \$700.000.000 COP y proyección de flujos estimados a 5 años como horizonte de investigación, los resultados que arrojó la investigación fueron valores de VPN positivos, TIR por encima del 40% calculado con un costo de capital de 18% en una probabilidad de ocurrencia de un 90%. Finalmente, la conclusión del estudio demostró que los ingresos que se generan por la implementación de esta tecnología se presentan por tres conceptos que son ahorro en la disposición de residuos, venta de energía e ingresos por la venta de fertilizantes.

**Palabras Claves:** Waste To Energy, Fertilizantes, Residuos Orgánicos

### **Abstract**

In Bucaramanga city and the metropolitan area, one thousand tons of Residual Solid Urban-RSU are produced per year, within 56% are part of organic waste, being the cause of this research, whose main objective was the evaluation of a WTEF technology implementation (Waste To Energy Flexibuster™) to generate electrical and heat energy and also as secondary sub-products as fertilizer. For this purpose, the characterization of the potential market was developed, followed by the study of the chain productivity, the identification of the current legal regulations for the development of WTE; and the financial evaluation as well as other aspects required for the implementation of the business model.

Among the results obtained, it was resolved that Central de Abastos and the agriculture market places are the main sources of generation of organic waste in Bucaramanga and all around, points in which 97% of these resources are currently disposed in landfills. Similarly, it was found the value chain of WTE technology is the generation of energy in thermal-electric way in addition to the production of fertilizers associated with technology which are highly valuable in Agro sector into country. Regarding to financial evaluation of the WTE Flexibuster™ technology, the business model showed requires an investment around COP \$ 700,000,000 in a forecast cash flow within 5 years as limit, the results showed in this research were VPN positive values, IRR above 40% calculated with WACC 18% within a probability around 90%. Finally, the conclusion of the study showed income generated by the implementation of this technology are presented by three concepts such as savings in disposal wastes, energy sales and incoming from fertilizer sales.

**Key Words:** Waste To Energy, Fertilizers, Organic Waste.

## Introducción

El aumento del consumo energético a nivel mundial además del gran impacto ambiental que genera la excesiva acumulación de residuos orgánicos urbanos, ha llevado a gobiernos e instituciones educativas a promover el estudio de nuevas fuentes potenciales de energía renovables y alternativas, para encontrar posibles soluciones al respecto. Sumado a lo anterior, la mayoría de los suelos en donde se desarrolla la agricultura colombiana, no supe las demandas de la producción económica agrícola nacional e internacional, razón por la cual requiere el uso de fertilizantes para asegurar una producción aceptable, lo que implica que este insumo se constituya en un rubro muy importante dentro del costo de producción (Pérez, 2014).

Es así como a partir del año 2008, se registró un aumento del costo internacional de fertilizantes, aspecto que ha generado una constante volatilidad en los precios de insumos en el país, teniendo en cuenta que la gran mayoría de los fertilizantes son importados, aspecto que ha generado para agricultores y campesinos estar sujetos al mercado internacional para la comercialización y adquisición de dichos productos (Pérez, 2014).

En esa medida y bajo las necesidades del desarrollo investigativo que requiere la academia y los diversos sectores económicos que se ven afectados en el país por la elevada demanda energética y de fertilizantes, este documento hace una revisión desde el punto de vista de la factibilidad de un modelo de negocio, el desarrollo de la tecnología *WTEF (Waste To Energy Flexibuster™)* para la generación de energía eléctrica y subproductos en Bucaramanga y su área metropolitana.

De esta manera, el documento está compuesto por ocho capítulos a través de los cuales se aborda la revisión de antecedentes de la problemática, la revisión tórica y la descripción de

resultados. En primer lugar, el capítulo I presenta la descripción del problema, la consulta de los antecedentes de dicha problemática y el planteamiento de la pregunta de investigación formulada de la siguiente manera: ¿Cuáles son los factores financieros que inciden en la creación de una empresa dedicada a la implementación de la tecnología *Waste To Energy- WTE* para el aprovechamiento energético de residuos orgánicos en la ciudad de Bucaramanga?

Los otros componentes del capítulo I incluyen los objetivos de investigación, cuyo objetivo principal propone la evaluación de la implementación de la tecnología *WTEF (Waste To Energy Flexibuster™)* para la generación de energía eléctrica y subproductos en Bucaramanga. Para tal fin se subscribieron cuatro objetivos específicos que son: 1) caracterizar el mercado potencial para la implementación de la tecnología WTE en la ciudad de Bucaramanga, empleando fuentes primarias y secundarias de producción de residuos orgánicos; 2) estudiar la cadena de valor que involucra la disposición de residuos orgánicos en la ciudad de Bucaramanga para el establecimiento de costos asociados a la implementación de esta tecnología; 3) identificar la normatividad legal vigente, además de los aspectos organizacionales para la materialización de la idea de negocio de manera que sea la estructura administrativa adecuada; 4) determinar los aspectos financieros requeridos para la puesta en marcha del modelo de negocio, teniendo en cuenta los índices de rentabilidad.

Por otro lado, el capítulo II concibe el desarrollo del marco referencial soporte para el modelo de negocio, cuya estructuración está dada desde la concepción teórica del aprovechamiento de biomasa con fines energéticos en Colombia, además de presentar las generalidades de la tecnología *Waste To Energy*. Como secciones complementarias de este capítulo se incluye el estado del arte y el marco legal que da soporte a la teoría incluida.

En cuanto al Capítulo III se aborda el marco metodológico que se articula a partir de una investigación de tipo cuantitativo con enfoque proyectiva. Así mismo, se describe el diseño de la investigación y las técnicas de recolección y análisis de datos.

Por su parte, el capítulo IV presenta el desarrollo de los objetivos propuestos, apartado que incluye la caracterización del mercado, la disposición y uso de los residuos orgánicos, la estructura legal y administrativa, y finalmente, el análisis financiero para la puesta en marcha del modelo de negocio. Por últimos, el capítulo VI da cierre al desarrollo investigativo con la consolidación de las conclusiones realizada por los autores, mientras que los capítulos VII y VIII muestran tanto las referencias bibliográficas como el glosario de términos claves respectivamente.

De esta manera, se presenta un estudio condensado que sigue las directrices impartidas por la academia pero a su vez, consolida desde un modelo práctico el desarrollo de una propuesta de negocio que ataca una problemática de gran impacto no solo en la región santanderana sino en el desarrollo energético-ambiental del país.

## Capítulo 1. Problema

Entre las problemáticas que más se evidencian en el área metropolitana de Bucaramanga está la disposición inadecuada de residuos sólidos como parte de un fenómeno que se acentúa en las urbes, debido a la alta densidad de población. De hecho, la problemática ambiental ocasionada por la generación y tratamiento erróneo de residuos orgánicos es una situación desfavorable que ha trascendido a través de los años, debido a que los sitios en donde se realiza la operación de aglomeración final de estos residuos, en su mayoría rellenos sanitarios, no poseen un plan de contingencia para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos particularmente, siendo los componentes más abundantes en la composición de los Residuos Sólidos Urbanos-RSU.

Incluso, a pesar de la diversidad de estrategias o tecnologías que se han desarrollado en el contexto nacional e internacional para el aprovechamiento de recursos sólidos orgánicos como parte de la cadena productiva energética, en la ciudad de Bucaramanga no se identifican proyectos consolidados que involucren el aprovechamiento de residuos orgánicos con fines energéticos.

Desde esa perspectiva, a continuación, se presenta la revisión de antecedentes alrededor de la generación de residuos orgánicos en Colombia y el área metropolitana de Bucaramanga, como punto de partida para el análisis de viabilidad para la implementación de la tecnología WTEF (Waste To Energy Flexibuster™) para la generación de energía eléctrica y subproductos a partir del aprovechamiento de dichos recursos.

### 1.1 Antecedentes

Colombia no es ajena a la inadecuada disposición y acumulación de residuos orgánicos, pues organismos como el Departamento Nacional de Planeación - DNP (2016) señala que en el

país se pierden 9,76 millones de toneladas de comida al año, siendo una cifra alarmante que representa el 34 % del total de los alimentos que una gran parte de población podría consumir durante al menos un año. Adicionalmente, el DNP (2016) es claro en afirmar que con ese volumen de alimentos desperdiciados se podría alimentar a más de ocho millones de personas al año, lo que equivale a más de toda la población de Bogotá.

Así mismo, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2016) ha registrado que:

De las 9,76 millones de toneladas de residuos orgánicos que se pierden o desperdician en el país, el 40,5 % (3,95 millones toneladas) se genera en la etapa de producción agropecuaria; el 19,8 % (1,93 millones de toneladas) se pierde en el proceso de post cosecha y almacenamiento; el 3,5 % (342 mil toneladas) en los procesos de procesamiento industrial; el 20,6 % (2,01 millones de toneladas), en la distribución y retail (parr. 5).

No obstante, como se ha debatido abiertamente a nivel nacional y regional, los temas sobre la problemática de acumulación de residuos sólidos orgánicos no son nuevos, pues son innumerables las entidades públicas o privadas que de alguna manera han abordado la situación. En lo que respecta a la ciudad de Bucaramanga, la gestión sobre la disposición final de los residuos sólidos en el Área Metropolitana-AMB ha sido una de las problemáticas socioambientales que más fuerza ha tomado en la región (Franco, Meza, & Almeira, 2018).

De hecho, entre los datos de báscula de disposición final de residuos suministrados por la Empresa de Aseo de Bucaramanga – EMAB citado por Aguilar y Blanco (2016) indican que la cantidad de residuos en el botadero de la ciudad fluctúa entre 700 a 1100 ton/día, a tal punto que para el año 2013 ya se registraba un promedio de 873 toneladas de Residuos Sólidos Urbanos-



RSU, y en la actualidad, dicha cifra supera las mil toneladas de residuos, sobrepasando la capacidad de la zona de disposición final.

Desde luego a partir de la caracterización que la EMAB tiene consolidada sobre la composición física de los residuos sólidos como se observa en la tabla 1, se evidencia que el mayor componente de los RSU que se genera en la ciudad es material orgánico con un 56% de volumen, seguido por papel/cartón con un 8,8% y plástico con un 19,40%. En cuanto al material orgánico como parte de los residuos sólidos que ingresan diariamente al relleno sanitario El Carrasco, provienen principalmente de actividades domésticas o industriales con propiedades para ser transformados en energía, pero con la dificultad que no se encuentran separados sino mezclados entre si (Aguilar & Blanco, 2016).

**Tabla 1. Composición de los residuos sólidos del área metropolitana de Bucaramanga**

TIPO DE RESIDUO	% TOTAL
Material orgánico	56,00
Papel/Cartón	8,80
Plástico	19,40
Vidrio	4,20
Metales	2,40
Textiles	4,60
Cueros	1,90
Residuos Sanitarios	2,70

Fuente: (Aguilar & Blanco, 2016)

No obstante, la contaminación y el mal manejo de los residuos en rellenos sanitarios en Bucaramanga y todo el país están por colapsar, pues son precisamente los residuos orgánicos llevados a rellenos sanitarios los responsables de la emisión no controlada de gases de efecto

invernadero, así como de un ciclo de desperdicio no controlado (Astrup, Tonini, Turconi, & Boldrin, 2014).

## **1.2 Pregunta de Investigación**

Está claro que en Bucaramanga y su área metropolitana la disposición final de los desechos orgánicos de los hogares y las industrias van a parar principalmente a los rellenos sanitarios en el mejor de los casos, y a otros lugares menos indicados como parte de prácticas irresponsables social y ambientalmente. No obstante, analizando el caso puntual de la AMB, las entidades públicas y privadas muestran preocupación sobre cómo procesar las 1000 toneladas que se producen cada día en la capital santandereana y su área metropolitana.

A partir del contexto anterior surge la pregunta de investigación planteada en este proyecto que vislumbra:

¿Cuáles son los factores financieros que inciden en la creación de una empresa dedicada a la implementación de la tecnología Waste To Energy- WTE para el aprovechamiento energético de residuos orgánicos en la ciudad de Bucaramanga?

## **1.3 Objetivos**

### **1.4 Objetivo General**

Evaluar la implementación de la tecnología WTEF (Waste To Energy Flexibuster™) para la generación de energía eléctrica y subproductos en Bucaramanga

### 1.4.1 Objetivos Específicos

1. Caracterizar el mercado potencial para la implementación de la tecnología WTE en la ciudad de Bucaramanga, empleando fuentes primarias y secundarias de producción de residuos orgánicos.
2. Estudiar la cadena de valor que involucra la disposición de residuos orgánicos en la ciudad de Bucaramanga para el establecimiento de costos asociados a la implementación de esta tecnología.
3. Identificar la normatividad legal vigente, además de los aspectos organizacionales para la materialización de la idea de negocio de manera que sea la estructura administrativa adecuada.
4. Determinar los aspectos financieros requeridos para la puesta en marcha del modelo de negocio, teniendo en cuenta los índices de rentabilidad.

### 1.5 Manejo de Hipótesis

Las hipótesis planteadas durante el proceso de investigación permitirán responder la formulación del problema, por esta razón se consideran las siguientes:

- $H_0$ . La creación de una empresa dedicada a la implementación de una tecnología de aprovechamiento energético de residuos orgánicos en la ciudad de Bucaramanga es factible desde el punto de vista financiero, ambiental y social, puesto que garantiza la rentabilidad económica e influye en la reducción de huella de carbono.
- $H_1$ . La creación de una empresa dedicada a la implementación de una tecnología de aprovechamiento energético de residuos orgánicos en la ciudad de Bucaramanga NO es

factible desde el punto de vista financiero, ambiental y social, puesto que NO garantiza la rentabilidad económica e influye en la reducción de huella de carbono.

## **1.6 Justificación**

En primera instancia, una de las ventajas en analizar la viabilidad para la implementación de la tecnología *Waste to Energy -WTE* enfocada en el aprovechamiento de recursos orgánicos para la producción de fertilizantes en el mercado de Bucaramanga y la región, se da teniendo en cuenta que actualmente existe una dependencia en el país en relación con las materias primas importadas para la producción y comercialización de fertilizantes, lo que ha desencadenado un alto grado de vulnerabilidad frente a las fluctuaciones del precio y la disponibilidad de fertilizantes en el país.

Desde esa perspectiva, el grupo de tecnologías Waste To Energy- WTE representan sistemas novedosos que implica el aprovechamiento y uso de residuos en la generación de energía, que para países como Colombia es sin duda una gran oportunidad sobre todo en lo que tiene que ver con el uso de residuos de tipo municipal. Sí bien es cierto, en este proceso investigativo se vislumbra específicamente lo concerniente al aprovechamiento de residuos orgánicos de la ciudad de Bucaramanga y área metropolitana, siendo un gran desafío pues representa un esfuerzo mayor lograr la separación y clasificación de dichas fuentes, especialmente porque en Bucaramanga todavía se manejan bajos índices de conocimiento de separación de material.

Cabe resaltar que el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de la tecnología WTE vislumbra no solo el alto potencial de producción de fertilizantes, sino que debido a la variedad de fuentes de residuos de biomasa en Colombia como los residuos de arroz, café, cacao,

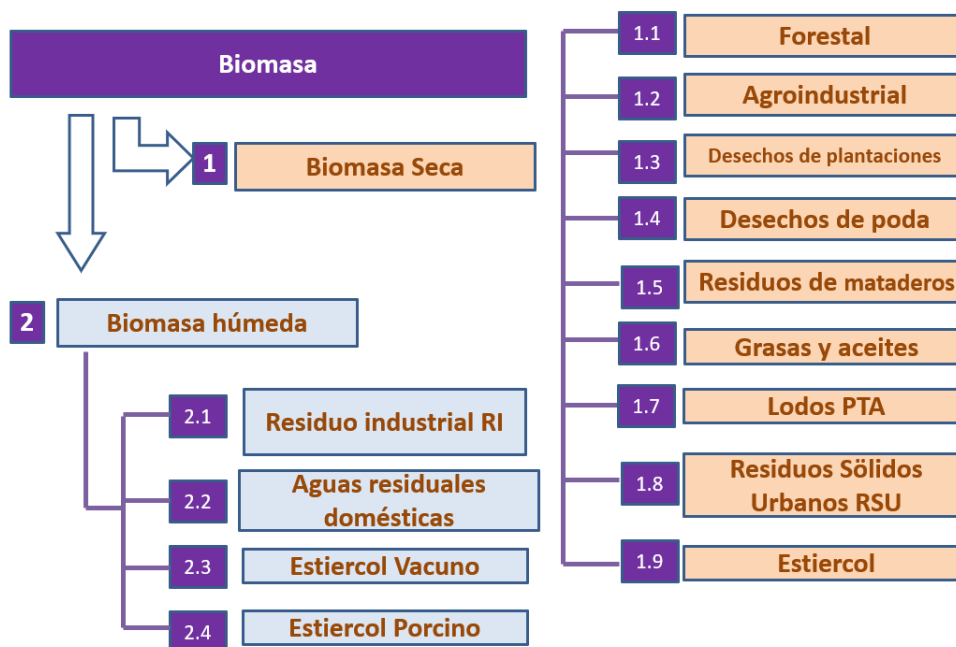
banano y cultivos en general, se identifica una oportunidad representativa de potencial energético de 330.350 J/año, como se evidencia en la tabla 2.

**Tabla 2. Potenciales energéticos de residuos agrícolas en Colombia**

Cultivo	Toneladas de producto (2012)	Residuo agrícola	Toneladas de residuo (2012)	Potencial Energético (TJ/año)
Palma	1.137.984	Cuesco	246.714	3.428
		Fibra	712.946	8.845
		Raquis	1.206.490	8.622
Caña de Azúcar	2.681.348	RAC	8.741.194	42.761
		Bagazo		78.814
Caña Panelera	1.284.771	Bagazo	4.817.888	52.841
		RAC	3.250.469	15.901
Café	1.092.361	Pulpa	2.327.929	8.354
		Cisco	224.262	3.870
		Tallos	3.303.299	44.701
Maíz	1.206.467	Rastrojo	1.126.840	11.080
		Tusa	325.746	3.389
		Capacho	254.564	3.863
Arroz	2.318.025	Tamo	5.477.359	19.476
		Cascarilla	463.605	6.715
Banano	1.834.822	Raquis	1.834.822	788
		Vástago	9.174.108	5.172
		Rechazo	275.223	484
Plátano	3.201.476	Raquis	3.201.476	1.374
		Vástago	16.007.378	9.024
		Rechazo	480.221	844
			<b>Total</b>	<b>330.350</b>

Fuente: (UPME, 2015)

A su vez, la producción de energía eléctrica a partir de biomasa de origen RSU aunque precisa sistemas complejos, sin duda resulta ser de los más próximos y uno de los más numerosos y variados tipos de biomasa seca como se observa en la **figura 1**, a la vez que se traduce en un importante potencial energético.



**Figura 1. Clasificación de los distintos tipos de biomasa disponibles**

Fuente: (Chamy & Vivanco, 2008)

Ahora bien, la importancia de ejecutar este tipo de estudios procede principalmente de estrategias de emprendimiento que coinciden con formas lógicas y sistemáticas, cuya definición más acertada está relacionada con los procesos de creación o aprovechamiento de los recursos, en función de mejorar y potencializarlos para el beneficio del individuo y su ecosistema, facilitando la diversificación de la economía con la fuerza del autoempleo (Lupiáñez, Priede, & López, 2014).

Cabe resaltar que todo el proceso y gestión dimensionada en esta investigación busca garantizar la contribución específica al sector energético del país y la región a partir del aprovechamiento de residuos orgánicos basado en la tecnología Waste To Energy- WTE, junto con la idea de potenciar nuevas tecnologías en Bucaramanga área metropolitana como punto de partida de la dinámica sustentable y globalizadora nacional.

Finalmente, conviene contribuir desde una mirada administrativa-energética al entorno social que se viene desarrollando alrededor del mundo, especialmente en las naciones desarrolladas y de la que los países subdesarrollados no son ajenos, en lo que respecta al reto de integrarse a la expansión de nuevos mercados con mejores recursos energéticos, que en este caso implica el uso de residuos orgánicos siguiendo la normativa para que las energías renovables disminuyan el efecto de calentamiento global e intervengan en la transición necesaria de energías convencionales a sustentables.

A su vez, el estudio tiene una repercusión académica toda vez que los futuros magister en administración de empresas, puedan poner en contexto futuras investigaciones, ya sea para darle continuidad al tema de interés, o adquirir conocimientos adicionales a manera de ahondar en los conceptos, teorías y prácticas. Adicionalmente, proyectos de estudio de este tipo hacen parte de la base de datos que requieren las universidades como aporte social, académico y científico en el proceso de formación profesional.

Por último, en el marco del ejercicio profesional, a través de este documento de investigación se pone en evidencia los conocimientos adquiridos en el programa de estudio teniendo en cuenta una estructura que interviene la consideración de la solución de un problema que evidentemente afecta a la región en términos de competitividad, sustentabilidad y perdurabilidad de la vida misma.

### **1.6.1 Limitaciones**

En el proceso de investigación de estudios de factibilidad, la evaluación de proyectos de inversión está sujeta a errores que, durante el ejercicio analizado desde un enfoque general, a

pesar de contar con una base científica que sustenta dichas inversiones, carece de pruebas pilotos que garanticen en la práctica la verificación de este.

Adicionalmente, el hecho de tratar una tecnología poco considerada en el país que implica el aprovechamiento energético de residuos orgánicos sumerge a los investigadores en la necesidad de demostrar a la comunidad en general no solo su viabilidad, sino referenciar gremios que pueden considerarse susceptibles en el uso de energías convencionales, los cuales han dominado el mercado durante décadas, y que de una u otra forma evitan el surgimiento de modelos de negocio que afecten sus intereses.

Finalmente, debido a que este estudio requiere el apoyo de las unidades o centrales de comercialización de productos agrícolas de la ciudad de Bucaramanga para el muestreo y caracterización de los residuos sólidos orgánicos, se pueden presentar interrupciones en el proceso de investigación por asuntos externos, especialmente porque la comunidad que conforma dichas plazas puede llegar a considerar este tipo de iniciativas académicas como insignificantes o sin futuro comercial.

### **1.6.2 Delimitaciones**

Durante el proceso investigativo las delimitaciones consideradas son las siguientes:

- 1) El proyecto se llevará a cabo en el territorio colombiano, con una estimación de ubicación de planta en el departamento de Santander, específicamente en la zona metropolitana de la ciudad de Bucaramanga.
- 2) El protocolo de estudio estimado tendrá una duración de 12 meses calendario.



- 3) El objeto de estudio está enmarcado en la evaluación financiera de la idea de negocio para la eventual toma de decisiones.
- 4) La metodología considera las teorías de evaluación financiera en función de la ejecución de producción de energía a partir de residuos sólidos orgánicos, con base a la identificación del mercado, diseño de estructura organizacional, administrativa y marco legal, además de concebir la gestión técnico-operativa para tal fin.
- 5) La población impactada será inicialmente los habitantes de la ciudad de Bucaramanga y área metropolitana, en la que se analizará y dimensionará los beneficios por el uso de energía sustentable.

## **Capítulo 2. Marco Referencial**

A partir de la revisión bibliográfica en fuentes de carácter científico y divulgativo, en este capítulo se presenta los principales términos de uso en el proceso investigativo, además de la teoría relevante sobre generación de energía eléctrica a partir de residuos sólidos y la legislación nacional alrededor de esta.

### **2.1 Marco Teórico**

#### **2.1.1 Aprovechamiento de Biomasa con Fines Energéticos en Colombia**

El aprovechamiento de biomasa con fines energéticos se trata de un nuevo modelo económico basado en el principio de cerrar el ciclo de vida de los recursos, de modo que produzcan los bienes y servicios proporcionalmente al tiempo que se reduce el consumo y se genera desperdicio de energía, agua y materias primas.

Al respecto, autores como Cerdá y Khalilova (2018) explican que se entiende por economía circular a la manera en que aprovecha y se tiran los materiales o desechos, sobre todo aquellos que se producen en cantidades masivas, son baratos y fácilmente desechables. A partir de esto, se ha generado todo un modelo sostenible en el que se pretende un ciclo de desarrollo continuo en el que se optimiza los rendimientos del sistema, gestionando stocks finitos y flujos renovables.

Según Cerdá y Khalilova (2018) los principios de la economía circular son en primera instancia preservar y aumentar el capital natural, es decir aprovechar los recursos renovables circulándolos y contribuyendo a la reutilización. Por otro lado, otro de los principios es promover la efectividad del sistema de tal manera que permita reducir el daño causado a otros sistemas y áreas que afectan a las personas, tales como alimentos, movilidad, casas, educación, sanidad o

entretenimiento y que además contribuye a la contaminación del aire, el agua, la tierra, el ruido, las emisiones de sustancias tóxicas y el cambio climático.

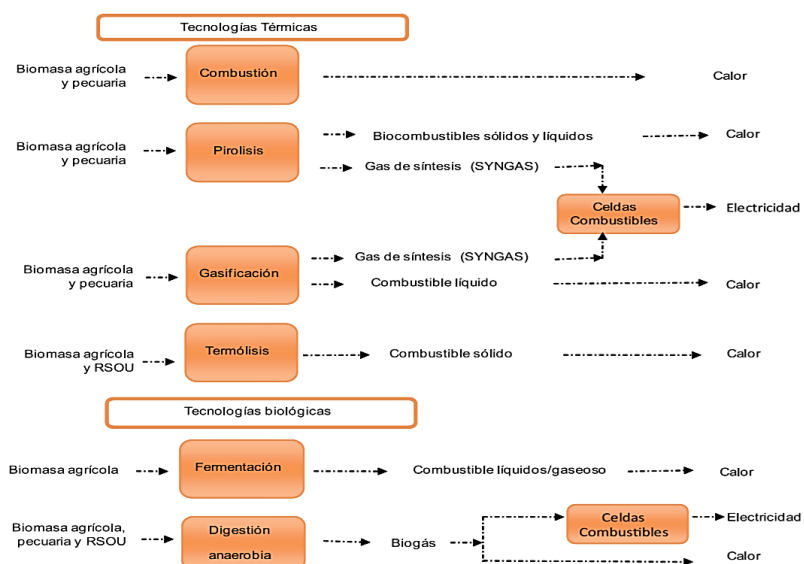
Desde la anterior perspectiva, los factores instrumentales en la economía circular intervienen algunas áreas importantes que guían y aceleran el proceso de transición de los productos y servicios posconsumo; por ejemplo, entre los más innovadores están los sistemas de productos y servicios, los cuales consisten en una mezcla de productos tangibles y servicios intangibles que son diseñados a partir de un sistema de negocio con un grado de funcionalidad sobre un terreno no urbanizado. Por ejemplo, existen aquellos en los que se desarrollan servicios orientados a añadir la creación de un ambiente agradable y novedoso, desde la reutilización de un mismo producto; tal es el caso de la empresa *Vodafone* que en 2012 lanzó una campaña que consistía en alquilar el último modelo de teléfono móvil por un año, pagando una determinada cantidad cada mes, y así lograr que la empresa recogiera el teléfono una vez culminara el ciclo de uso y permitir que otra persona lo utilice (Cerdá & Khalilova, 2018).

Por otro lado, también existe el modelo de darle segunda vida a materiales y productos el cual funciona cuando una empresa puede recuperar, reacondicionar o volver a aprovechar los residuos de forma eficiente, a tal punto de poder poner los mismos productos en el mercado para obtener un segundo o tercer ingreso. Desde luego, no todos los productos pueden ser reacondicionados en su totalidad, por tanto, existe un gran porcentaje de residuos que tiene ciertos componentes de valor y pueden ser incluidos como aprovechables en cierto grado, ya sea por reciclaje o consumo colaborativo (Cerdá & Khalilova, 2018).

Sí bien es cierto, Colombia es uno de los países latinoamericanos con uno de los mayores potenciales de biomasa debido a la gran biodiversidad de cultivos que diariamente suplen las necesidades de la población en general (UPME, 2015). En esa medida, el aprovechamiento de la

biomasa de naturaleza variada obtenida por fuentes naturales en el territorio nacional requiere tecnologías específicas, dada las características fisicoquímicas las cuales varían en función de su potencial energético, porcentaje de humedad contenida y capacidad de combustión.

Es así como en el país se implementan tecnologías para uso de biomasa las cuales pueden ser transformadas en combustibles gaseosos, líquidos o sólidos mediante procesos de conversión térmicos o biológicos. Entre los procesos termoquímicos para aprovechamiento de la biomasa se encuentra la combustión directa, pirólisis, la gasificación y la termólisis, cuyos factores dependen del contenido de humedad, valor calorífico, concentración de carbono fijo y de los volátiles, contenido de cenizas, entre otros aspectos (UPME, 2011).



**Figura 2. Transformaciones energéticas de la biomasa**

Fuente: (UPME, 2011)

Adicionalmente, se implementan en Colombia tecnologías biológicas, las cuales se realizan por fermentación y digestión anaerobia, siendo esta última una de las tecnologías más comunes para el aprovechamiento de residuos orgánicos.

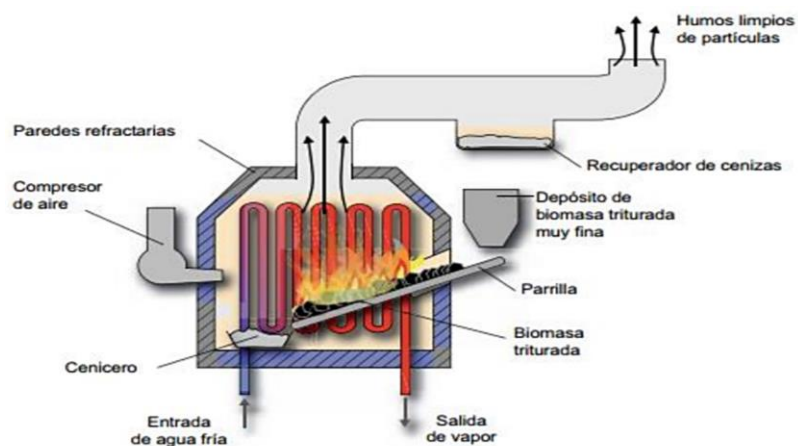
### 2.1.1.1 *Tecnologías Térmicas*

Las tecnologías de procesos térmicos se llevan a cabo en condiciones controladas de temperatura y presión, las cuales actúan rompiendo la materia en compuestos gaseosos, líquidos y sólidos según la aplicación que se desee (UPME, 2011).

En primer lugar, la tecnología de combustión directa se caracteriza porque la materia orgánica reacciona de forma química con el oxígeno a través del cual se desarrolla un proceso de combustión como una reacción exotérmica. Dicha reacción genera calor al medio, se obtiene dióxido de carbono y agua, además de posibles trazas de elementos de azufre y nitrógeno debido a los elementos de la materia orgánica que los posean (Aguilar & Blanco, 2016).

Entre las características fundamentales acerca del uso de biomasa en el proceso de combustión directa están las físicas, químicas y energéticas así como el porcentaje de oxígeno y temperatura, debido a que factores como los contenidos de humedad y ceniza representan restricciones para las tecnologías térmicas de combustión directa, porque en el proceso de pirólisis los contenidos de humedad en la biomasa pueden ocasionar aumentos de temperatura de reacción así como desaceleraciones en la velocidad de calentamiento del residuo, afectando también las propiedades fisicoquímicas del bio-oil, que se produce (Su-Heo, 2010).

En la figura 3 por ejemplo, se observa cómo se genera el vapor mediante la combustión directa de residuos los cuales se producen por procesos termoquímicos tales como gasificación y pirólisis. Los procesos termoquímicos, no son más que la transformación de la biomasa a partir de un proceso de oxidación en determinadas condiciones de presión y temperatura, a modo de obtener un producto en cualquier estado de la materia, es decir, puede ser sólido, líquido o gaseoso según la aplicación deseada (Aguilar & Blanco, 2016).



**Figura 3. Generación de vapor por combustión directa**

Fuente: (Aguilar & Blanco, 2016)

Cabe resaltar que las tecnologías de combustión directa van desde sistemas simples como estufas tales como las que se observa en la figura 3, hasta equipos sofisticados para combustión de lecho fluidizado.



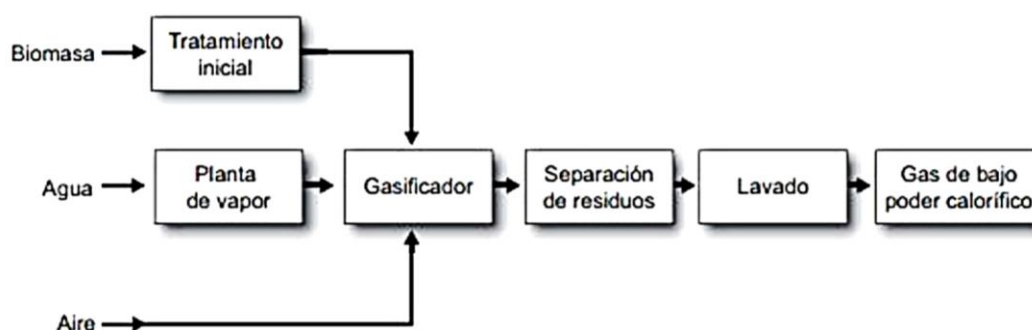
**Figura 4. Generación de vapor por combustión directa de lecho fluidizado**

Fuente: (Aguilar & Blanco, 2016)

Ahora bien, la pirólisis a diferencia de la combustión directa se caracteriza por ser el proceso inicial entre la combustión de sólidos a la gasificación de los mismos, por tanto la pirólisis no es solo una conversión independiente, sino que permite la descomposición térmica de los componentes orgánicos e inorgánicos de la biomasa, de manera que se descompone en moléculas en forma de gases o vapores condensables (Jahirul, Rasul, Chowdhury, & 1, 2012).

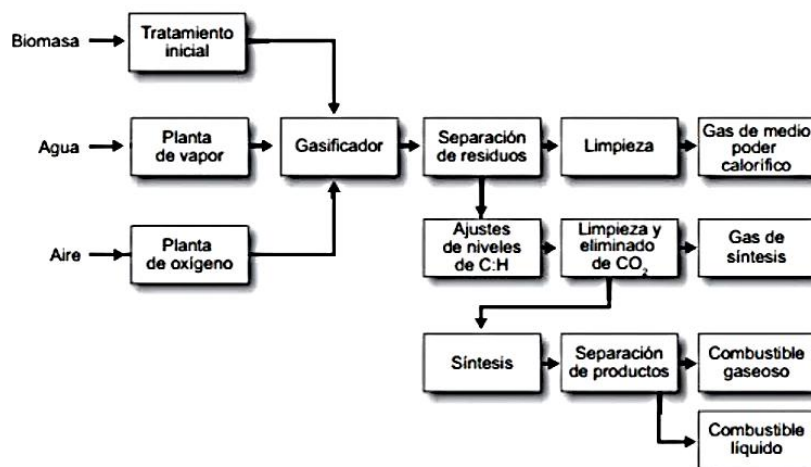
Por otro lado, la tecnología de gasificación se refiere al proceso que busca transformar un combustible sólido en gaseoso, de manera que a partir de gasificadores de biomasa se calienta el residuo sólido hasta formar un gas inflamable. Ahora bien, a diferencia de la combustión directa, el proceso de gasificación ofrece ventajas evidentes porque el biogás puede ser limpiado y filtrado para remover componentes químicos no deseados (UPME, 2015).

Para esta tecnología en particular, la biomasa debe tener un porcentaje de humedad bajo con el fin de evitar pérdidas en la evaporización y mejorar el rendimiento del proceso. Normalmente, la temperatura a la que se lleva a cabo este proceso es entre los 700°C a 1500°C para obtener los resultados esperados, porque la humedad facilita la formación de hidrógeno, pero reduce la eficiencia térmica de la biomasa por lo que se obtiene un gas de bajo poder calorífico como se observa en la figura 5 (Idae, 2007).



**Figura 5. Descripción conceptual del proceso de gasificación con aire**

Fuente: (Aguilar & Blanco, 2016)



**Figura 6. Descripción conceptual del proceso de gasificación con oxígeno**

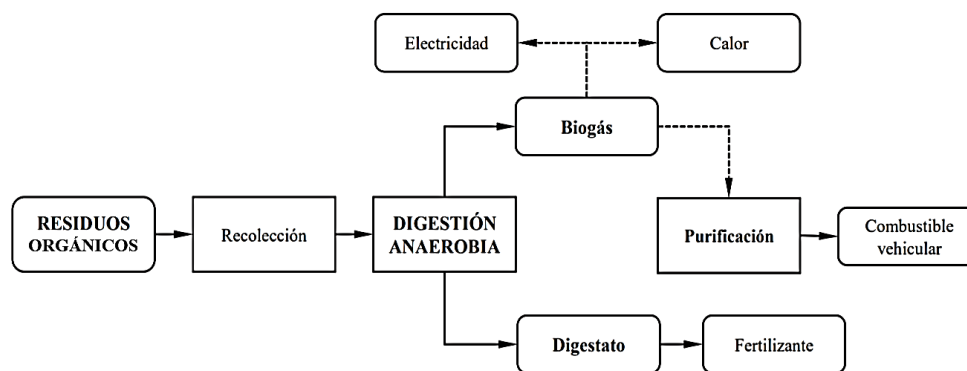
Fuente: (Aguilar & Blanco, 2016)

No obstante, la gasificación no es una tecnología desarrollada recientemente, sino que se usa cuando hay carencia o escasez de combustibles ligeros, es decir, debido a que permite convertir sólidos como carbón y biomasa en gases, permite la obtención de combustibles líquidos de alta calidad. De hecho, en la figura 6 se observa que cuando se utiliza la gasificación de la biomasa en presencia de oxígeno, se obtienen tanto un combustible gaseoso como un combustible líquido.

### 2.1.1.2 Tecnologías Biológicas

**Digestión Anaerobia:** entre las tecnologías más destacadas en el país se encuentran la digestión anaerobia, como la tecnología más común para producir energía a partir de biomasa por el hecho permitir recuperar energía bajo la alimentación de residuos como los residuos urbanos, residuos agrícolas, macrófitas y biomasa marina (Cadavid & Bolaños, 2015).





**Figura 7. Esquema de alternativas de valorización de RSO por digestión anaerobia**

Fuente: (Aristizábal, Vanegas, Mariscal, & Miller, 2015)

Ahora bien, la digestión anaerobia como su nombre lo indica es una metodología que se lleva a cabo en ausencia de aire, razón por la cual se trata de una herramienta versátil que se caracteriza por la descomposición microbiana de sólidos, provocando la reducción significativa de los costos de tratamiento de los desechos. Entre las etapas que describen el proceso son la hidrólisis, la acidogénesis, acetogénesis y metasogénesis, mientras que durante el producto final del proceso se obtienen mezclas gaseosas como biogás y digestato para la producción de fertilizantes (figura 7).

Al final del proceso de digestión se genera biogás y digestato, siendo este último el que contiene la mayoría de los nutrientes del sustrato original, el cual presenta a su vez usos potenciales para la utilización de fertilizantes. No obstante, el desarrollo tecnología para la producción de biogás en Colombia durante las últimas décadas, se ha concentrado en fuente de energía para cocción e iluminación de las familias campesinas a partir de la instalación de digestores tubulares flexibles de bajo costo (Álvarez & Peralta, 2016).

Por otro lado, el uso de biodigestores en la digestión anaerobia no solo acelera el proceso de digestión de la materia orgánica a corto plazo, sino que permite obtener los siguientes propósitos: a) obtener el biogás de manera rápida y controlada, b) separar y controlar los lixiviados generados,

c) estabilizar la materia orgánica y d) permitir la recuperación posterior de los desechos sobrantes, estos últimos son aquellos que están libres de materia orgánica inestable (López, 2003).

En cuanto a los beneficios obtenidos durante la digestión anaerobia, se tiene principalmente que los residuos orgánicos sólidos tienen una relación carbono-nitrógeno C/N que representa un índice de digestibilidad de la biomasa. Incluso, para el caso de los residuos orgánicos existe una relación C/N entre el 20 y 30 lo que indica que son susceptibles a su aprovechamiento por digestión anaerobia (Haladova & Pecen, 2011).

Cabe resaltar, que en Colombia las experiencias con digestión anaerobia se han implementado mayoritariamente para el tratamiento de aguas residuales y agroindustriales, a tal punto que se trata del tercer país de Latinoamérica con mayor número de reactores de digestión anaerobia después de Brasil y México (Díaz, Espitia, & Molina, 2002). Por esta razón, en el país ya se han desarrollado no solo estudios de tecnologías de aprovechamiento de residuos orgánicos, sino investigaciones acerca de la caracterización fisicoquímica de residuos provenientes de los cultivos agrícolas y residuos posconsumo, a modo de identificar y desarrollar tecnologías para el aprovechamiento de residuos orgánicos en general (González & Rondón, 2012).

Al respecto, autores como Álvarez y Peralta (2016) señalan que el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en Colombia mediante digestión anaerobia, debido a que se trata de un país tropical con un alto potencial agropecuario, hace que sea la tecnología más idónea para su aprovechamiento debido a la fácil implementación en el país.

### 2.1.2 Tecnología Waste To Energy -WTE

La tecnología WTE es conocida mundialmente como la recuperación de la energía a partir de los materiales de desecho, siendo una de las alternativas más prometedoras para superar el problema de la generación de residuos (Tan, Ho, & Hashim, 2015). No obstante, autores como Guerrero y Shephard (2017) destacan que el principal problema que se ha generado históricamente es precisamente el emparejamiento entre la materia prima y la tecnología, aspecto que se dificulta especialmente en los intentos de aprovechamiento de los residuos sólidos.

De esta manera, la tecnología WTE surge como una oportunidad verde para continuar el desarrollo técnico a partir de la integración de dos industrias en el que se combinan técnicas como incineración, pirólisis y gasificación. En primer lugar, el proceso de pirólisis comienza cuando los RSU se han sometido a clasificación y trituración, de manera que se dosifica en un reactor con poco o ninguna presencia de oxígeno. De ahí, la temperatura se incrementa entre 1200 a 2000 °F porque cuando los materiales a base de carbono están expuestos a altas temperaturas, permite que los enlaces químicos comiencen a romperse (Guerrero & Shephard, 2017).

Dependiendo de la temperatura a la que se somete la reacción, se genera carbón sólido, líquidos oleosos y gases como el hidrógeno. Tales mezclas son conocidas bajo el término *syngas* que no es más que la eliminación de sustancias nocivas como mercurio, ácido clorhídrico, óxidos de azufre y partículas. Posteriormente, el gas obtenido puede usarse en una turbina para que los sólidos y líquidos resultantes (ceniza, carbón, metales, bioaceites, etc.) puedan procesarse aún más para producir combustibles sólidos para plantas de energía. Es así como el proceso de pirólisis genera aproximadamente 571kW-h por tonelada de RSU como se observa en la tabla 3.

**Tabla 3. Resumen de poder calorífico WTE**

<b>Tecnología WTE</b>	<b>Temperaturas de Operación (°F)</b>	<b>Producción de Energía (kWh/ton RSU)</b>
Incineración	1,000 – 2,000	544
Pirólisis	1,200 – 2,200	571
Gasificación convencional	1,450 – 3000	685
Gasificación por arco de plasma	7,200 – 12,600	816

Fuente: (Guerrero & Shephard, 2017)

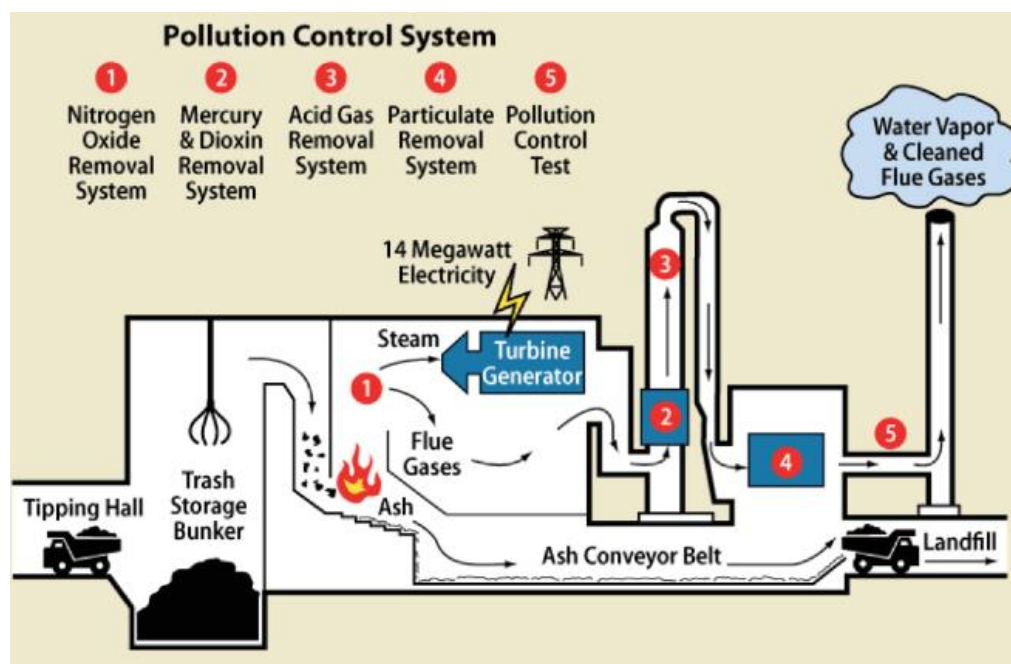
De forma similar al proceso de pirólisis, la gasificación convencional se inicia para retirar los materiales reciclables grandes, como refrigeradores y parachoques de automóviles, por lo tanto, los RSU se introducen en un gasificador, cuyo reactor se calienta entre 1450-3000°F. De hecho, Guerrero y Shephard (2017) señalan que el fenómeno de aire muerto que se genera en el proceso de gasificación genera a su vez una combustión lenta de gas de síntesis mezclado con subproductos como dióxido de Carbono CO<sub>2</sub> y vapor de agua. Lo anterior sirve para agregar al proceso y mejorar la producción de hidrógeno y gases de hidrocarburos.

No obstante, debido a que en el proceso de gasificación hay una pequeña cantidad de aire se genera una energía de 685kWh (tabla 3) por tonelada de RSU. De hecho, entre el uso de los subproductos generados en esta parte del proceso WTE los sólidos restantes son útiles como agregados de concreto y asfalto; mientras que para la obtención de *syngas* se requiere un proceso de alta calidad de los RSU que aún no han sido procesados.

Finalmente, durante el proceso de gasificación por arco de plasma, la tecnología permite que la WTE sea más avanzada y eficiente, porque el proceso de generación de plasma mediante ionización del gas en el reactor es el que se usa finalmente para producir electricidad, a unas temperaturas de operación entre los 7,200 a 12,600 °F. Para esta etapa los RSU se trituran y luego se introducen en el reactor plasma con volúmenes subestequiométricos de oxígeno o aire.

Durante esta etapa la producción de energía puede alcanzar las 816 kWh por tonelada de RSU

(Guerrero & Shephard, 2017)



**Figura 8. Diagrama general de planta de proceso WTE**

Fuente: (Stringfellow, 2014)

Es así como en la figura 8 se presenta un diagrama general de la planta de proceso WTE en la que se consideran las tres tecnologías principales, la pirólisis en la que se produce óxido nitroso, en la siguiente etapa se remueve el mercurio, durante la tercera etapa se remueve los ácidos en forma de gas, en la cuarta etapa se remueven los sólidos particulados y finalmente durante la última etapa se efectúa el control de calidad sobre la polución del sistema.

Cabe resaltar que un factor muy importante a tener en cuenta en la adecuada selección de tecnología WTE es la humedad, según el autor Escalante & Orduz (2010) la mayoría de los residuos tienen humedades que superan el 60%p, muestran dificultades para la utilización de tecnologías termoquímicas. Sin embargo, los residuos con humedades del orden 78%p de agua

favorecen la rapidez de descomposición de la parte orgánica constituyente de la biomasa (Escalante et al, 2010). Este factor, unido a una adecuada relación de C/N (aproximadamente 22) permitirá valorizar energéticamente los residuos mediante tecnologías de digestión anaerobia (como es el caso de los biodigestores).

Finalmente, entre los principales impactos ambientales que esta tecnología ofrece en la actualidad, está el hecho de poder reducir la dependencia de combustibles fósiles y al mismo tiempo las emisiones de gases del efecto invernadero, y por supuesto la eliminación de los desechos humanos. Por tal razón, se trata de tecnologías que van ganando importancia en diferentes países de Europa, dada la generación de energía recuperada de los RSU como la principal fuente de calor al sistema (González & Zamorano, 2017).

## **2.2 Estado del Arte**

En Colombia, la determinación de los potenciales energéticos de la biomasa residual agrícola, pecuario y de RSOU, van en función de la oferta y de los residuos a nivel nacional. A partir de esto se han desarrollado estudios a nivel nacional como el de Bolívar y Hernández (2013) en el cual se llevó a cabo un análisis de viabilidad de la utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica en la sede de la Universidad de La Salle. Inicialmente en esta investigación se desarrollaron unas visitas de campo para la estimación de las áreas sembradas para la caracterización del tipo de residuos orgánicos, entre los que se destacan residuos de cultivo de arroz, de maíz y yuca, además de generación de estiércol de bovinos y equinos.

Posteriormente, se determinó el potencial para cada tipo de biomasa, identificando, además, la tecnología de aprovechamiento. Entre los que se destacan están que los residuos del cultivo de

arroz tienen un potencial estimado de 12000 KWh/año por una producción de 5000 Kg de residuos, cuyo aprovechamiento tecnológico sería a partir de combustión directa. Finalmente, para la verificación y análisis de los datos obtenidos, se desarrolló una aplicación basada en la herramienta Guide de MATLAB, en la cual el usuario tiene la disponibilidad de evaluar técnicamente la aplicación o proyección de un proyecto de generación de energía a partir de biomasa.

En cuanto a la propuesta sobre el diseño técnico, los resultados mostraron que los residuos de los cultivos de arroz y el estiércol bovinos fueron los que presentaron mayor capacidad de aprovechamiento, teniendo en cuenta el desarrollo de un biodigestor de flujo continuo, pues de esta manera la producción energética se triplica a la del arroz.

Por último, en lo que tiene que ver con los costos monetarios, el estudio concluye que la utilización de biomasa asociado al uso de materia prima presenta una alta viabilidad pues el producto del biodigestor resulta ser suficiente para cubrir la demanda energética, realizando mezclas de diferentes materias primas para posibilitar la demanda de residuos orgánicos para la conversión energética.

Por otro lado, se identificó el estudio de Cadavid y Bolaños (2015) acerca del aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana. Es así como esta investigación se basa en la determinación del potencial bioquímico de residuos de frutas y verduras para producir energía renovable. Para tal fin, se emplearon sustratos evaluados y colectados en una plaza de mercado y un supermercado típicos de la ciudad de Palmira, Valle del Cauca. De esta manera, se tomaron muestras representativas durante unas semanas, y se sometió a secado en campo por un día. De igual manera, el inóculo empleado fue un lodo anaerobio bajo un diseño experimental completamente experimental.

Los resultados mostraron que durante los 3 primeros días del experimento se observó una producción de ácidos grasos volátiles que demostraba una disminución de pH, dichos resultados fueron un indicativo del proceso de hidrólisis cuyo pH se mantuvo alrededor de 7. En cuanto a los análisis de biomasa residual, asumiendo una producción de 217 toneladas por año en residuos en la ciudad en la ciudad de Palmira, se calculó una conversión del 80% en el proceso biológico, que se vería reflejado en la producción de 230 MW-h de energía térmica o 140 MW-h de energía eléctrica.

En cuanto al contexto internacional se tiene estudios como el de Grass (2013) en el que se llevó a cabo la evaluación y diseño para la implementación de una planta de biogás a partir de residuos orgánicos agroindustriales en la región metropolitana. el objetivo principal de esta investigación es determinar la prefactibilidad técnico-económica de instalación de una planta de biogás para la empresa Reciclajes Industriales S.A., a partir de la evaluación de los sustratos actuales y su potencial energético, además de evaluar los distintos procesos para la utilización del biogás y de estudiar los productos y subproductos. Finalmente se evaluó económicamente las características definidas y variables que pueden impactar negativamente su valor. Luego de los análisis de resultados se encontró que para la selección de los sustratos se tuvo que descartar aquellos como ramas de árboles, papel, madera o aserrín porque presentaron una muy baja relación carbono-nitrógeno. En conclusión, se encontró que la empresa de interés contaba con aproximadamente 39mil toneladas para la producción de biogás, cuya producción se decidió a través de la tecnología de flujo de pistón.

A su vez, un estudio de Siles (2012) en el que se llevó a cabo la generación de energía eléctrica a partir de producción de biogás. Para este estudio, se tuvo en cuenta el establecimiento de los parámetros que deben conocerse para la generación de energía eléctrica, a partir del biogás



que es producido por un relleno sanitario. Para tal fin, el autor describió las consideraciones técnicas e información pertinente al aprovechamiento de biogás para la generación de energía eléctrica. Posteriormente se presentó un estudio de descripción sobre la carga eléctrica demandada por un conjunto de 10 usuarios conectados a una red de distribución eléctrica, y finalmente se establecieron las características técnicas generales para la selección de una turbina de biogás. Finalmente, se identificaron las fuentes de financiamiento existentes para la ejecución de un proyecto de este tipo.

En primera instancia se muestra que la tasa de producción de biogás varía con el tiempo, pues requiere la ayuda de la cinética de una reacción, sin embargo, el valor promedio calculado de producción es de 150 L de biogás al año, de los cuales se puede utilizar durante los 5 primeros años, que corresponderían a la aportación de materia degradada. De la misma manera, en el estudio se calculó el valor máximo, mínimo, mediana y promedio del consumo de energía eléctrica en un total de 10 usuarios, de manera que se obtuvo un promedio de 33.944 KW/h.

Dentro del diseño propuesto, se optó por un sistema de control a través de un PLC, a modo de poder monitorear las variables como son: temperatura, presión, nivel y pH. De esta manera se propuso un diseño cuyo lazo de control está formado por un transmisor de presión. Finalmente, en lo que tiene que ver con la evaluación financiera del proyecto se encontró que según el rendimiento diario mostró que es viable técnicamente teniendo en cuenta un análisis de carga, a razón de encontrar un sistema de control capaz de alimentar de biogás la turbina generadora. No obstante, en el estudio se concluye que los cálculos sobre la cantidad de biogás que se produce en los rellenos sanitarios tienen un amplio margen de error, porque las emisiones de gas no son constantes.

### 2.3 Marco Legal

En lo que respecta a la legislación nacional sobre el medio ambiente y las energías renovables, en Colombia el medio ambiente sano es un derecho colectivo por lo que, para la sociedad en general es importante enfocar su atención en la problemática ambiental existente, tal como lo consagra la constitución política de Colombia en el capítulo III de los derechos colectivos y del ambiente que cita: “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano” (Congreso de la República, 2018), por lo tanto, La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Por último, en la protección ambiental se involucran otras normativas como la ley 99 de 1993 en la cual se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables en la que se precisa (Congreso de la República, 1993).

El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Esta declaración sustenta que: “los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza. (Declaración de Río de Janeiro junio de 1992).

Siguiendo esta misma línea de acción el decreto 2811 de 1974 complementa y precisa que: “El ambiente es patrimonio común. El estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social” (Congreso de la República, 1974).

Posteriormente, en Colombia La Ley 1715 del 2014 se formaliza abiertamente la normatividad vigente de búsqueda de inclusión de otras fuentes de generación de energía a partir de recursos renovables, tal como se observa en la siguiente cita:

(...) aspectos importantes del proyecto de Ley 096 de 2012 de la Cámara de Representantes y 278 de 2013 del Senado de la República, que culminaron con la expedición de la Ley 1715 del 13 de mayo de 2014 “por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema energético nacional” (p.18).

Por otro lado, a partir de la consolidación de la ley 1753 de 2015 emitida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, entró en vigor la estrategia transversal denominada *Crecimiento Verde*, mediante la cual se establecieron los objetivos y metas para el crecimiento económico sostenible. De ahí que se formularon las estrategias para el desarrollo de mecanismos para la gestión integral de residuos sólidos, enfocado principalmente a mejorar las condiciones de operación de los sitios de disposición final, mediante la consolidación de un marco normativo e institucional de la Disposición Final de Residuos Sólidos como Actividad Complementaria del Servicio Público de Aseo (DNP, 2017).

A su vez, convenios como el ATN/12825-CO entre entes internacionales como el Fondo Para el Medio Ambiente Mundial- FMAM y el gobierno a través del Ministerio de Minas y Energía MME, demuestran el compromiso en el desarrollo de actividades con miras a la ampliación de la bolsa energética nacional así como el fortalecimiento institucional en capacidades técnicas, tendientes a la intrusión de Fuentes No Convencionales de Energía FNCE bajo ambientes favorables de competitividad que, a nivel mundial, presentan ya un amplio desarrollo e implementación, soportado en políticas energéticas y ambientales que hacen parte no solo del aporte a las economías locales de cada uno de los países donde se realizan sino también al entorno económico mundial (UPME, 2015).

### **Capítulo 3. Marco Metodológico**

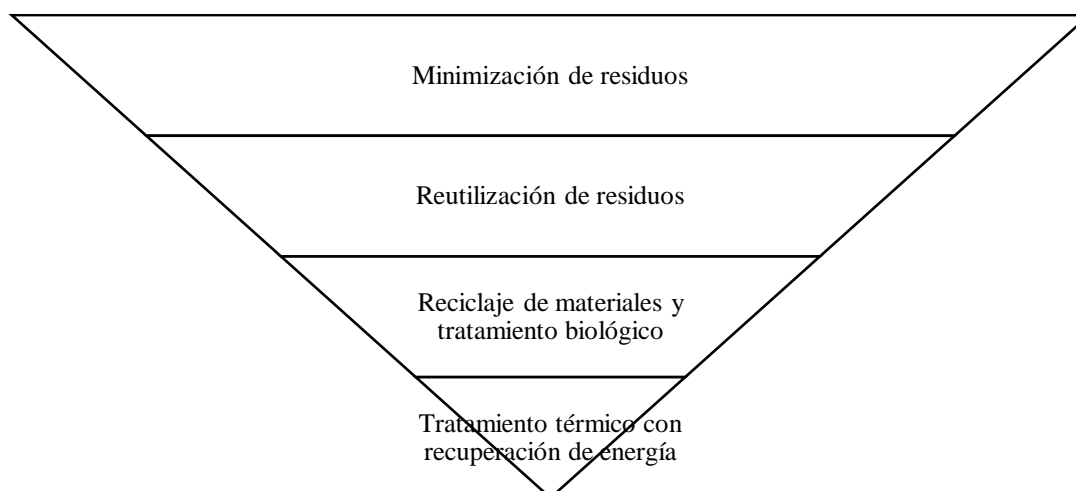
El presente capítulo permite organizar y analizar datos recolectados mediante los procedimientos y técnicas escogidos de orden metodológico, a través de los cuales se intenta dar respuestas a las interrogantes objeto de estudio. El mismo determina el tipo y diseño de investigación, población, así como también técnicas de recolección de datos utilizadas para el estudio de factibilidad asociado a la investigación.

A continuación, se presenta el conjunto de procedimientos tecnológicos - operacionales para permitir descubrir y analizar los supuestos del estudio a partir de criterios de varios autores y el del propio investigador.

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación llevado a cabo en esta investigación es de tipo cuantitativo con enfoque proyectivo, siguiendo la jerarquía de clasificación de residuos de la tecnología WTE y la evaluación económica en la cual se considera el costo de capital, costo de operación y costo de transporte, teniendo en cuenta las ganancias adicionales de la venta de subproductos.

Las investigaciones de tipo proyectivas según Bitar y Chamas (2017) abordan el diseño de un modelo como solución a un problema, de manera que se estructura un proyecto factible para solventar la problemática en este caso de la acumulación de residuos orgánicos sólidos en el área metropolitana de Bucaramanga.

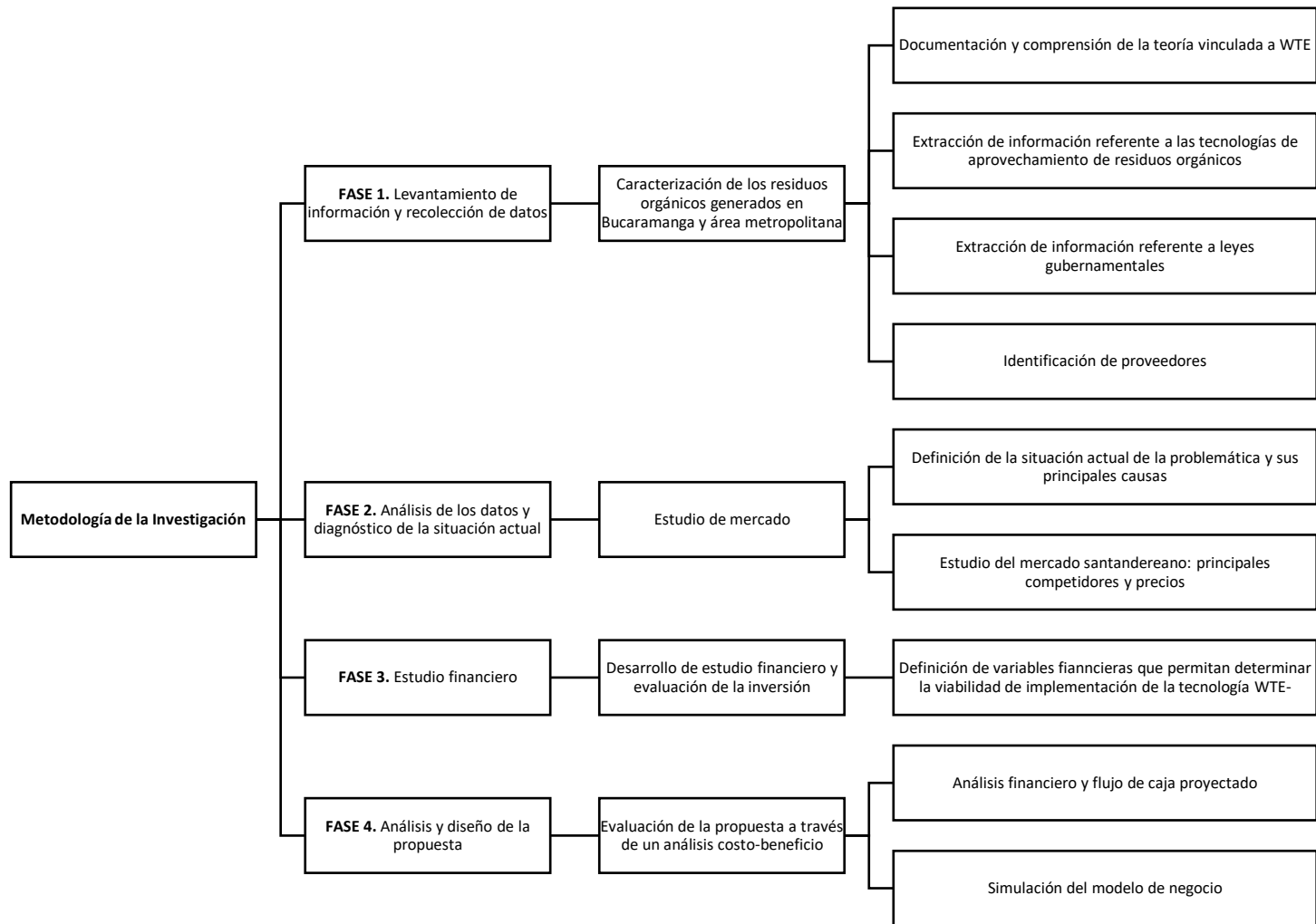


**Figura 9. Jerarquía de gestión de residuos sólidos**

Fuente: autor a partir de información obtenida de Tan, Ho, & Hashim (2015)

### **3.2 Diseño de la Investigación**

De acuerdo con los objetivos propuestos y la característica del problema, el diseño de investigación está enmarcado en un estudio de tipo emprendimiento, dentro del cual se proyecta un modelo no experimental. Es así, como a partir de un orden lógico para cumplir los objetivos formulados se estructuró una metodología compuesta a cuatro fases como se desglosa en la figura 10.



**Figura 10. Diseño metodológico de evaluación WTE**

Fuente: autor

### 3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La técnica de recolección de datos empleada en esta investigación fue una recopilación documental y bibliográfica enfocada primeramente a la teoría relacionada con los sistemas de generación de energía WTE y casos de éxito de implementaciones del sistema Flexibuster™ que sirvieron como base para la estimación de los cálculos de subproductos de acuerdo con la disponibilidad de biomasa para aplicación de la tecnología tipo Biodigestor.

Así mismo se realizó una investigación exhaustiva enfocada al marco regulatorio gubernamental en donde se describen las leyes que incentivan la inversión de proyectos enfocados a energías renovables en Colombia ya sea por beneficios en cuanto a impuestos, así como en la declaración de renta.

### 3.4 Técnica de Análisis de los Datos

La técnica de recolección de datos empleada en esta investigación fue una recopilación documental y bibliográfica enfocada a partir de la teoría relacionada con la tecnología WTE.

### 3.5 Operacionalización de Variables

**Tabla 4. Operacionalización de variables**

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>
Caracterizar el mercado potencial para la implementación de la tecnología WTE en la ciudad de Bucaramanga, empleando fuentes primarias y secundarias de producción de residuos orgánicos.	Mercado	1.Productores agrícolas 2.Centro abastecimiento mayoristas 3.Centro abastecimiento minorista-plazas de mercado 4.Otros Centros abastecimiento 5.Particulares

Estudiar la cadena de valor que involucra la disposición de residuos orgánicos en la ciudad de Bucaramanga para el establecimiento de costos asociados a la implementación de esta tecnología.	Cadena de Valor	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generación producto inicial</li> <li>2. Residuo orgánico</li> <li>3. Contenedor orgánico</li> <li>4. Almacenaje e ingreso a Flexibuster</li> <li>5. Transformación de residuos orgánicos en energía eléctrica y subproductos</li> </ol>
Identificar la normatividad legal vigente, además de los aspectos organizacionales para la materialización de la idea de negocio de manera que sea la estructura administrativa adecuada.	Beneficios Tributarios	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estructura legal</li> <li>2. Estructura administrativa</li> </ol>
Determinar los aspectos financieros requeridos para la puesta en marcha del modelo de negocio, teniendo en cuenta los índices de rentabilidad	Análisis Financiero	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ahorro en disposición de residuos generados.</li> <li>2. Venta de energía eléctrica</li> <li>3. Ingresos operacionales</li> <li>4. Estados Financieros</li> <li>5. Valor presente neto</li> <li>6. Tasa interna de retorno</li> </ol>

Fuente: Elaboración propia (2018).



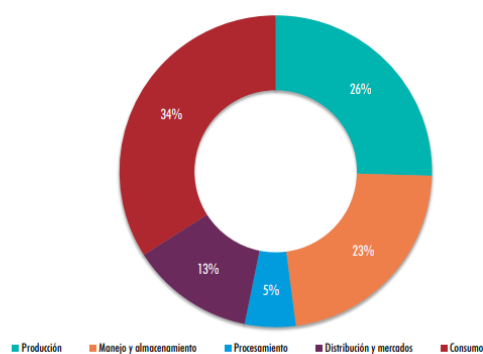
## Capítulo 4. Estudio factibilidad implementación tecnología WTE™

### 4.1 Caracterización del mercado

#### 4.1.1 Descripción del mercado colombiano

Para el caso de los alimentos, en Colombia, la oferta disponible de alimentos para consumo humano es de 28 millones de toneladas al año, pero no toda la comida destinada para el consumo humano se aprovecha puesto que se generan pérdidas y desperdicios en su cadena alimentaria. La pérdida de alimentos se genera entre la etapa de producción agropecuaria y la etapa de procesamiento industrial mientras que el desperdicio se produce en las etapas de distribución, retail y consumo. (DNP, 2016)

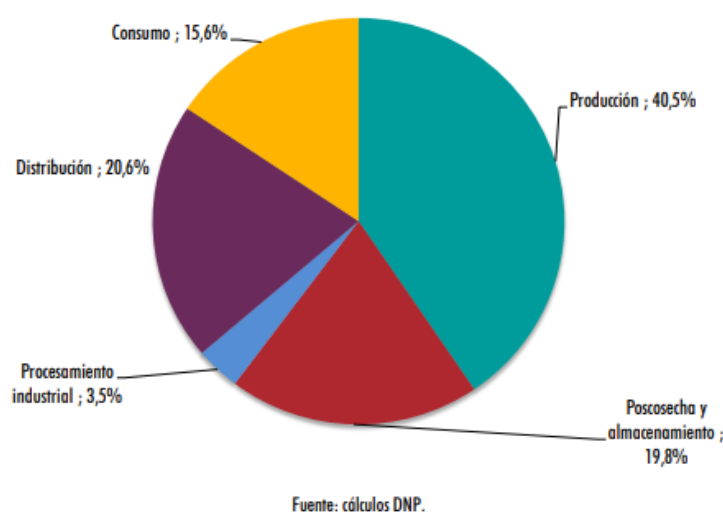
Según un estudio de la FAO, anualmente en el mundo se desaprovechan alrededor de 1.3 billones de toneladas de comida que equivalen al 33% de toda la oferta mundial destinados al consumo humano estando este porcentaje distribuido en 54% pérdida y 46% a desperdicio. En la figura 11 se muestra la proporción según la etapa en la cadena de valor en la que se desaprovechan los alimentos, todos representado un mercado potencial para la puesta en marcha de la tecnología WTE Flexibuster™.



**Figura 11. Proporción de residuos en cadena de valor de residuos**

Fuente: (FAO, 2014)

Considerando este mismo estudio, en la figura 12 se muestra el reporte que para Colombia el 64% corresponde a pérdidas que se ocasionan en las etapas de producción, poscosecha, almacenamiento y procesamiento industrial, el 36 % restante corresponde a desperdicios que se generan en las etapas de distribución y retail, y consumo de los hogares, teniendo en este último un desperdicio de 1,5 millones de toneladas, equivalente a 32 kilos per cápita.



**Figura 12. Etapas generadoras de residuos orgánicos**

Fuente: (FAO, 2014)

La distribución de las proporciones de pérdidas y desperdicios por regiones se presenta en la tabla 5 evidenciando que los principales generadores son los departamentos de Centro-Oriente pues se involucra Bogotá y el área de Santanderes con una producción de 1,7 millones de toneladas en cada una.

**Tabla 5. Pérdidas y desperdicios residuos orgánicos según región del país.**

Región	Pérdida	Desperdicio
Centro-Oriente	27,7%	48,3%
Caribe	18,2%	13,4%
Eje Cafetero	17,1%	18,3%
Pacífica	17,1%	13,8%
Llanos	10,9%	2,0%
Centro-Sur	9,0%	4,2%

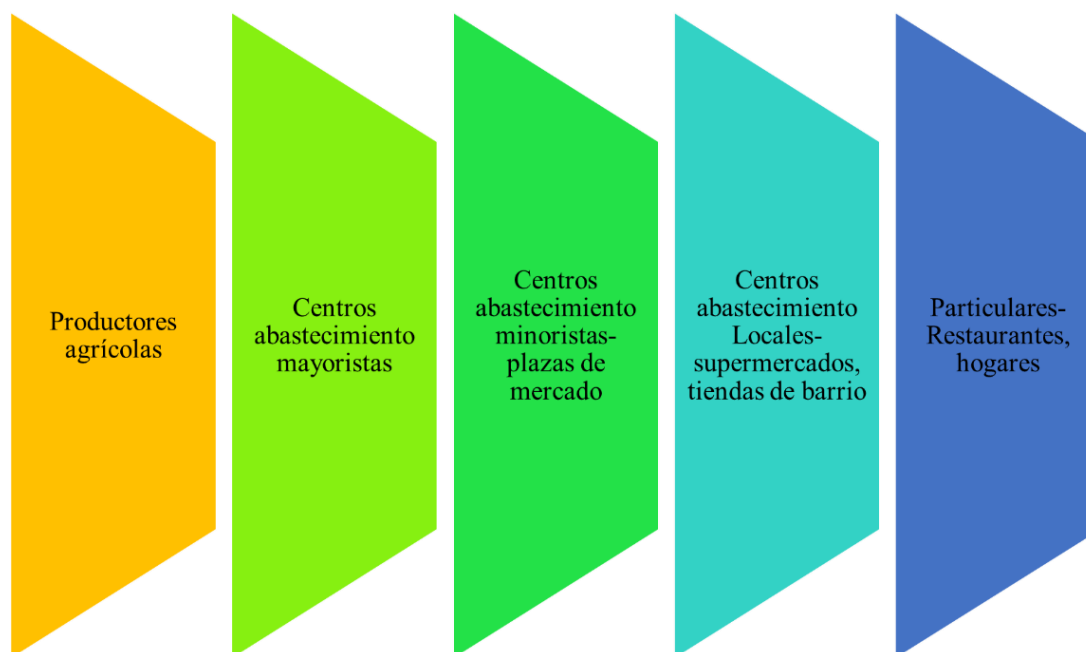
Fuente: (DNP, 2016)

Si bien es una cifra alarmante, se convierte en un nicho de mercado importante para la implementación de la tecnología WTE™ en Santander, específicamente en el área metropolitana de Bucaramanga en donde se conoce por Franco, Meza & Almeida (2018), que se producen alrededor de 1362 toneladas al día según lo reportado en el Sistema Único de Información de Servicios públicos y ante la alerta de cierre del Relleno Sanitario el Carrasco, se convierte en un potencial mayor pues según un reporte del DANE (2018), se sabe que los residuos orgánicos por Animales y Vegetales es el segundo que tiene mayor presencia en Colombia, contribuyendo en una pequeña proporción pero que sería el mercado que estaría esperando por una tecnología de este tipo.

#### **4.1.2 Fuentes primarias de recolección de residuos**

Reduciendo el mercado potencial se determina que el principal estaría en la proporción de 19,85% de poscosecha y almacenamiento, distribución 20,6% y consumo 15,6% para el área metropolitana de Bucaramanga, teniendo en cuenta que es el que se tiene de más rápido acceso para realizar la promoción en la disposición de los residuos sólidos orgánicos. Una vez identificada una posible demanda, que permita que el proyecto o idea de negocio tenga

consumidores que la vuelvan real y sostenible en el tiempo, se procede a analizar de dónde provienen estos residuos orgánicos, que según lo descrito están presentes en toda la cadena de valor iniciando desde que se están produciendo, hasta llegar al posible consumidor final, estos representados en la figura 13.



**Figura 13. Mercado potencial para tecnología Flexibuster™**

Fuente: Autores

En cada uno de estos nichos de mercado se logra encontrar un potencial debido a que en todas estas etapas se generan residuos orgánicos ya sea por incorrecta logística en el transporte, almacenamiento inadecuado o por deterioro en el tiempo. Los residuos generados por los productores agrícolas se deben principalmente al daño del producto, siendo imposible su venta, pero este tipo de productos comúnmente es utilizado para abonos y/o utilizado para compostaje.

El mercado a considerar para la puesta en marcha de la implementación de la tecnología WTEF (Waste To Energy) Flexibuster™ para la generación de energía eléctrica y subproductos en Bucaramanga se constituirá en un porcentaje de los residuos que se generan en cada uno de los centros de abastecimiento mayoristas y minoristas que cuentan con las siguientes estadísticas:

La Central de Abastos de Bucaramanga como el Centro de Abastecimiento Mayoristas que para el informe de gestión presentado en el año 2016, reportaron que semanalmente se aprovechan aproximadamente 22 toneladas de residuos orgánicos que al año son 1144 toneladas, siendo convertidos en compostaje, teniendo el convenio con la Empresa Pública de Aseo de Bucaramanga-EMAB pero que no es significativo pues considerando el informe del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), la Central de Abastos genera alrededor de 4.643,6 toneladas de residuos al año, y se están aprovechando para compostaje el 24% de los residuos, quedando aún el 76% como oportunidad de beneficio para aprovechamiento.

#### **4.1.3 Fuentes secundarias de producción de residuos**

Las plazas de mercado como centros de abastecimiento minoristas que es un mercado creciente porque en el proceso de movimiento desde la central de abastos o productor principal, se generan daños del producto presentando las cifras de la tabla 6 en toneladas para Bucaramanga según el informe Plan de Gestión de Integral de Residuos Sólidos PGIRS (2015).

**Tabla 6. Residuos generados en las plazas de mercado de Bucaramanga**

Nombre de la Plaza	Kilogramos por semana	Kilogramos por año	Toneladas por año
La Concordia	6.179	321.308	321
Kennedy	3.414	177.528	178
La Rosita	1.121	58.292	58

Nombre de la Plaza	Kilogramos por semana	Kilogramos por año	Toneladas por año
Central	19.309	1.004.068	1.004
Asomercobu	1.831	95.212	95
Satélite	8.472	440.544	441
Asovesan	1.519	78.988	79
Asoven	8.395	436.540	437
Comercabu	1.121	58.292	58
Guarín	13.102	681.304	681
San Francisco	17.720	921.440	921
Total	82.183	4.273.516	4.274

Fuente: (Alcaldía de Bucaramanga, 2015)

Para el caso de Floridablanca, el PGIRS (2014) de este municipio indica que estiman aprovechar 51 toneladas al mes de este residuo representando el 3% del total de residuos generados, siendo una cantidad inferior de la real producida porque según estos informes el porcentaje de residuos orgánicos por comida que llegan al Carrasco, corresponde al 38% del total de los residuos.

En Piedecuesta se están aprovechando alrededor de 33 toneladas al mes de este residuo, siendo alarmante porque allí los residuos de comida en todo el Municipio representan el 55% del total, aprovechándose aproximadamente 33 toneladas de 1.037 que se producen al mes siendo escasamente un 3%.

#### **4.1.4 Mercado potencial**

Fundamentado en lo anterior, se puede concluir que en la Central de Abastos se están desaprovechando 76% y en las plazas de mercado, sólo se aprovecha alrededor del 3% de este residuo, faltando por gestionar el 97%. Siendo así y según los datos de residuos generados en cada uno se tiene el mercado potencial presentado en la tabla 7.

**Tabla 7. Residuos generados y aprovechados en Bucaramanga**

Fuente	Total Residuos año	Cantidad por aprovechar año	Cantidad por aprovechar al mes
Centro Abastos	4.643,6 Ton	3.529 Ton	294 Ton
Plazas de mercado Bucaramanga	4.274 Ton	4.146 Ton	345 Ton

Fuente: (Alcaldía de Bucaramanga, 2015)

Para el caso de las plazas de mercado de Floridablanca, Piedecuesta y Girón que no se cuenta con el dato exacto de los residuos orgánicos generados por las plazas, se tomará el porcentaje proporcional que representan los residuos de las plazas de mercado con el total de los reportados por Bucaramanga, siendo equivalentes al 2,1 %

$$\begin{aligned}
 \text{Proporción residuos plaza mercado Bucaramanga} &= \frac{\text{Residuos plazas mercado}}{\text{Residuos total}} \\
 &= \frac{4.274}{195.432} = 2,18\%
 \end{aligned}$$

**Tabla 8. Residuos generados y aprovechados en Floridablanca y Piedecuesta**

Fuente	Total Residuos año	Total residuos Plaza año	Cantidad por aprovechar año	Cantidad por aprovechar al mes
Floridablanca	20.400 Ton	446	432 Ton	36 Ton
Piedecuesta	22.558 Ton	493	478 Ton	39 Ton

Fuente: Alcaldía Floridablanca y Piedecuesta (2015)

#### 4.2 Disposición y uso de residuos orgánicos mediante la tecnología WTE Flexibuster™

Esta tecnología Flexibuster™, implementada en países como Portugal, Estados Unidos, Brasil, Reino Unido, entre otros, representa en el país una ventaja tecnológica para aprovechamiento de RSO en zonas donde la problemática por el manejo de residuos es un inconveniente y representa una gran oportunidad de solución a tiempo que se convierte en una alternativa de generación de ingresos, por venta energía a pequeña escala y venta de fertilizantes.

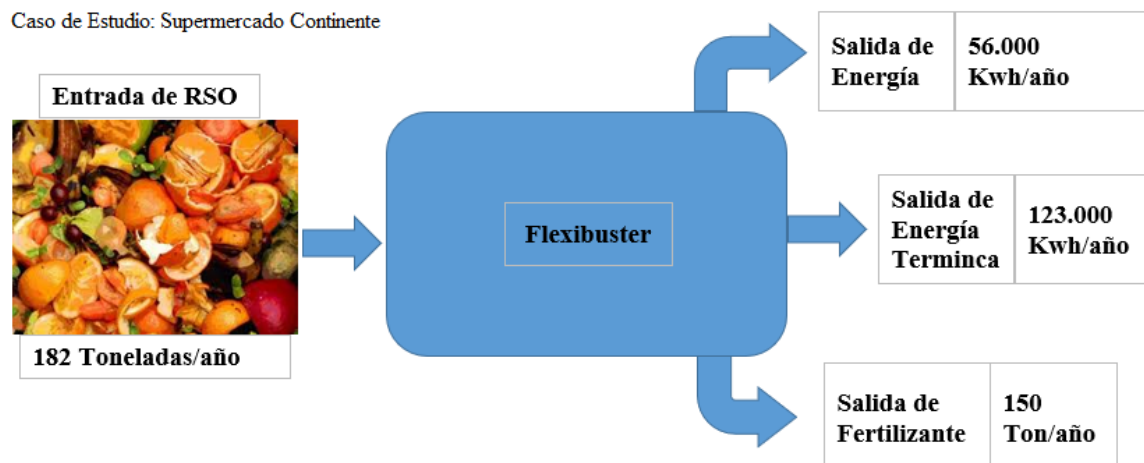
Para los estimados de la capacidad de la planta y todos los recursos asociados a esta tecnología, se utilizaron casos donde ya ha sido implementada, representados en el siguiente gráfico.

Location	Gaia, Portugal		
Customer	Continente Supermarket, SonaeMC		
Installation date	June 2016		
System	Flexibuster FB24		
Waste	Out of date and damaged supermarket fresh foods		
Annual Figures	Waste	Electricity	Heat
	182 t	56,000 kWh	123,000 kWh
	Fertiliser		
	150 t		






Caso de Estudio: Supermercado Continente



$$\begin{aligned}
 \text{Energía eléctrica} &= \frac{56.000 \text{ Kwh energía}}{182 \text{ ton}} = 307.7 \frac{\text{kwh}}{\text{ton}} \\
 \text{Energía térmica} &= \frac{123.000 \text{ Kwh energía}}{182 \text{ ton}} = 675.8 \frac{\text{kwh}}{\text{ton}} \\
 \left. \begin{aligned} & \\ & \end{aligned} \right\} \text{Energía total} &= 983.52 \frac{\text{kwh}}{\text{ton}} \\
 \text{Relación Out Fertilizante/In RSO} &= \frac{150 \text{ ton fertilizante}}{182 \text{ ton RSO}} = 0.82 \frac{\text{ton Fertilizante}}{\text{ton RSO}}
 \end{aligned}$$

**Figura 14. Esquemático de tecnología Flexibuster™. Caso de estudio**

Fuente: Autores - SEAB



### 4.2.1 Poder Calorífico Equivalente de la Biomasa

Ya que la tecnología emplea como entradas al sistema, biomasa de diversas características (porcentaje de humedad, relación C-N), es importante analizar que el poder calorífico de la biomasa de ingreso, es un estimativo de un valor promedio de todos los PC de la materia orgánica que alimenta el sistema, estimándose según los resultados de casos de estudio correlacionando las salidas con respecto a la biomasa de entrada, este valor tiene un impacto directo en todos los subproductos resultantes tanto producción de energía como las propiedades del fertilizante. En el ejemplo del caso, se realiza el comparativo de las salidas con las entradas, estableciendo de esta manera un valor energético y una relación masa entrada/masa de salida.

$$\text{Energía eléctrica} = 407.41 \text{ kwh/ton}$$

$$\text{Energía térmica} = 731.48 \text{ kwh/ton}$$

$$\text{Consumo interno del sistema} = 456 \text{ kwh-ton}$$

$$\text{Pérdidas del sistema (10\%)} = 11.4 \text{ kwh}$$

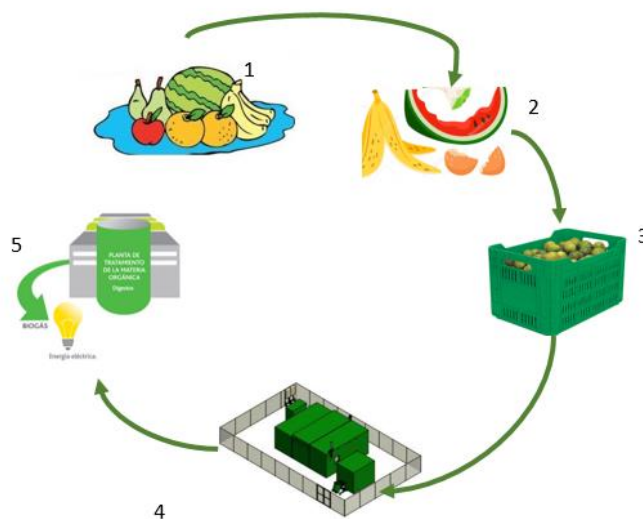
$$\left. \begin{array}{l} \text{Energía eléctrica} = 407.41 \text{ kwh/ton} \\ \text{Energía térmica} = 731.48 \text{ kwh/ton} \\ \text{Consumo interno del sistema} = 456 \text{ kwh-ton} \\ \text{Pérdidas del sistema (10\%)} = 11.4 \text{ kwh} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Total Energía} = 1606.30 \frac{\text{kwh}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \times \frac{3600 \text{ kj}}{1 \text{ Kwh}} \\ \approx 5800 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \text{ Poder Calorifico promedio de la biomasa} \end{array}$$

### 4.2.2 Cadena de valor

El proceso de disposición de residuos orgánicos tiene la cadena de valor de un residuo convencional en donde pasan por cinco etapas mostradas en la figura 15 que se describen como:

- 1) Generación producto inicial: en este punto el residuo orgánico no ha sido generado puesto que se requiere de la revisión por parte del comercializador para que compruebe que productos puede salvar y cuáles no se pueden sacar a la venta. Tanto en las centrales de abastos como en las plazas de mercado, los vendedores revisan antes de ser entregados al

cliente final e igualmente el usuario cuando se trata de un punto de autoservicio, revisa que el producto que comprará cumpla con las características para ser consumibles o según su gusto.



**Figura 15. Cadena productiva residuos orgánicos**

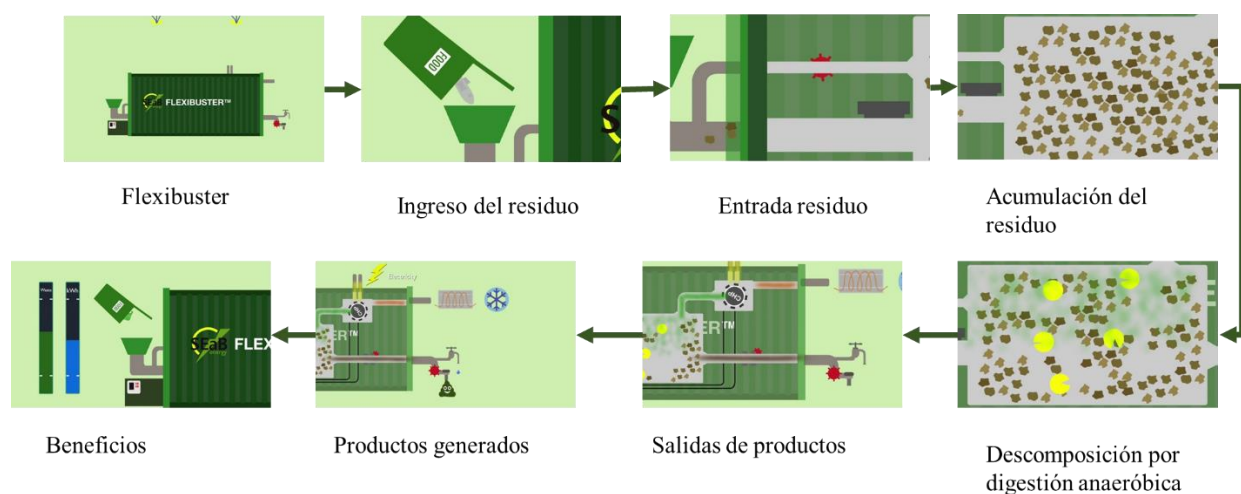
Fuente: Autores

- 2) Residuo orgánico: La selección de los productos que no son consumibles para el usuario final, hace que estos se viertan en las canecas generando un total aproximado de 4.274,6 toneladas de residuos orgánicos al año en el área metropolitana sin considerar a Girón pues no se tiene un valor sobre los residuos de este tipo y los consumidores en el siguiente nivel jerárquico que son los supermercados, tiendas de barrio, restaurantes y hogares.
- 3) Contenedor orgánico: Una vez seleccionados los productos que ya no sirven, se procede a llevarlos a canastillas que serán las que llegarán al área en donde se encuentra la tecnología WTE™ Flexibuster en donde entrarán en el proceso de transformación para convertirse en energía eléctrica y demás subproductos como fertilizante y calor.

- 4) Almacenaje e ingreso a Flexibuster: En el área en donde se ubicarán las tecnologías Flexibuster, se debe destinar un espacio para el descargue de las canastas que contienen los residuos orgánicos para así tener suficientes residuos y alimentar la planta.
- 5) Transformación de residuos orgánicos en energía eléctrica y subproductos: La tecnología WTE™ Flexibuster maneja alrededor de 500 kg a 3000 kg por día produciendo entre este biogás que sirve para la generación de electricidad, calor y fertilizantes como acondicionador de suelos. La operación dentro del Flexibuster (figura 16) tiene las siguientes etapas:
- Ingreso del residuo por medio de un tanque en forma de embudo que direccionará los residuos al área interna del contenedor.
  - Entrada del residuo por medio de tuberías que conectan con el contenedor.
  - Acumulación del residuo en el contenedor hasta llegar a los kilos mínimos requeridos o máximos permitidos.
  - Descomposición por digestión anaerobia que es un proceso por el cual la materia orgánica, como los residuos de alimentos o animales, se descomponen por medio de un contenedor llamado digestor anaeróbico que está bajo ausencia de oxígeno y completamente sellado.
  - Salida de productos que se generan con la descomposición de la biomasa entrante, se dirigen por medio de tuberías de salida según las propiedades del producto resultante y se entregan en forma de calor, energía eléctrica y líquidos en biofertilizante.
  - Los productos generados mediante la descomposición de los residuos orgánicos son biogás, calor y biofertilizante. El biogas y el biofertilizante son usados para

comercialización y el calor es implementado en el proceso interno de acondicionamiento del sistema para el trabajo bacteriano anaerobio al interior del biodigestor.

- Los beneficios de este proceso son la generación de energía en forma térmica-eléctrica y producción de fertilizantes asociados a la tecnología. En cuanto a los insumos, estos corresponden a los residuos orgánicos que a diario se desperdician.



**Figura 16. Proceso de operación de tecnología WTE Flexibuster <sup>TM</sup>**

Fuente: (Seab Energy, 2018)

En la cadena de valor de implementación de la tecnología WTE Flexibuster se pueden identificar diversos factores endógenos y exógenos tanto positivos como negativos en el contexto de generación a partir de residuos orgánicos, el análisis de estos factores es planteado en la tabla 9 mediante una Matriz DOFA, donde se exalta los pro y contras del aprovechamiento de los residuos, también se puede analizar que un modelo de negocio de este tipo no es solo obtiene ventajas ambientales por la promoción de las prácticas de aprovechamiento de residuos, sino también económicas y culturales.

**Tabla 9. Matriz DOFA**

	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<p><b>Factores internos</b></p>     <p><b>Factores Externos</b></p>	F1 Certificación bajo norma internacional y multiples premios y reconocimientos a la tecnología Flexibuster.	D1 Falta de cultura de reciclaje.
	F2 Sistema automatizado para control de variables P, Tra, ...	D2 Falta de adopción de estrategias de innovación ambiental.
	F3 Producción de energía en forma de calor que puede ser convertido en E. eléctrica si se requiere mejorar el proceso.	D3 Costos elevados de las tecnologías ambientales.
	F4 Ampliación de portafolio a futuro en el ámbito de certificaciones de reducción de huella de carbono.	D4 falta de experiencia en el mercado en un sector dominado por los acondicionadores de suelo quimicos.
	F5 Máximo aprovechamiento de la materia prima	D5 Desconocimiento de retrasos en el proceso de producción
<b>Oportunidades</b>	<b>Estrategias FO</b>	<b>Estrategias DO</b>
O1 Baja tasa de aprovechamiento de RSO, lo cual se traduce en disponibilidad de materia prima muy por encima de lo requerido.	Estrategias ambientales que contribuyan a la eficiencia de la gran variedad de materia prima de alimentos que produce Colombia, a través de los equipos disponibles en el mercado para su aprovechamiento, facilitado por parte del gobierno por medio de los tratados de libre comercio y descuentos tributarios.	Estrategias de entrenamiento a los generadores e incentivar la protección del medio ambiente por medio de la clasificación los residuos. Caracterizar la mejor biomasa de acuerdo a los requerimientos del mercado buscando optimizar el proceso. Aprovechar los momentos favorables como incrementos en materias primas, alzas en tasas de cambio, entre otros, para ganar mercado.
O2 Beneficios tributarios para tecnologías limpias		
O3 Tratados de libre comercio que facilitan la importación		
O4 Producción de productos agrícolas con alto valor comercial.		
O5 Volatilidad en tasas de cambio impactan fuertemente el precio de los fertilizantes importados.		
<b>Amenazas</b>	<b>Estrategias FA</b>	<b>Estrategias DA</b>
A1 Bajo costo de tecnologías similares construidas localmente.	Estrategías focalizadas en mantener estable los productos resultantes del sistema y mitigar factores externos. Ganar mercado diversificando los clientes buscando variedad en fuentes de ingreso. Las barreras de instrusion a áreas debe tramitarse a través de agremiaciones para facilitar el acceso y ganar conocimiento de las áreas potenciales.	Estrategias para crear una nueva cultura de protección del medio ambiente, enfocadas en los recursos naturales como la principal fuente de sustento del ser humano con el apoyo de las tecnologías ambientales que permiten liberar los recursos naturales de esa contaminación
A2 Caída fuerte en los precios de los productos (Energía, abonos)		
A3 Dificultad en traslado y entrega del producto a los clientes		
A4 Imposibilidad de selección de la biomasa		
A5 Precio elevado de la libra esterlina frente al peso colombiano		
A6 Restricción de expansion por conflictos armados		

Fuente: Autores

### **4.2.3 Costos de implementación**

En la cadena de valor para el aprovechamiento de los residuos orgánicos, aunque la biomasa da el inicio del proceso y proviene de un recurso que para el generador representa un gasto, existen costos asociados que implican el empleo de recursos como el humano, infraestructura, equipos, insumos, entre otros, necesarios para lograr la operatividad del sistema.

Inicialmente implicarán un costo elevado pues corresponden a la inversión requerida previamente al arranque del proyecto, por traer a colación un ejemplo, ya que la tecnología analizada Flexibuster es originaria de Reino Unido, esta tiene un valor comercial de £115,000 que en pesos colombianos representa aproximadamente \$466.662.201,16, así mismo, requiere de un área acondicionada para operar sin complicaciones (Tabla 10). En resumen, operaciones previas al arranque, requiere de costos iniciales de inversión también llamados CAPEX, algunos de estos como único valor requerido durante toda la vida del proyecto y otros como en el caso de los equipos, personal y demás, con costos que repercuten durante la vida útil del proyecto llamados comúnmente OPEX. Algunos costos de operación OPEX, son relacionados desde antes del inicio de operaciones pues hacen parte de recursos requeridos previamente.

En la siguiente tabla se puede observar un cronograma de actividades, precios y recursos asociados a este inicio previo.

**Tabla 10. Costos arranque etapa inicial operación Flexibuster™**

CRONOGRAMA																	
Adecuación del área de trabajo e instalaciones					Octubre				Noviembre				Diciembre				TOTAL
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	TOTAL
Adecuaciones de local comercial en Arriendo	1	Global	\$ 12.500.000														\$ 12.500.000
Arriendo local	1	Mensual	\$ 2.000.000														\$ 2.000.000
Trámite importación Flexibuster	1	Global	\$ 139.998.660														\$ 139.998.660
Movilización Flexibuster Puerto - Bucaramanga	1	Global	\$ 6.000.000														\$ 6.000.000
Montaje, Instalación y puesta en Marcha de Flexibuster	1	Global	\$ 10.500.000														\$ 10.500.000
Pruebas	1	unidad	\$ -														\$ -
Creación de la empresa e inscripción en Cámara de comercio y gremios del sector	1	Global	\$ 10.000.000														\$ 10.000.000
Mercadeo y publicidad	1	Global	\$ 15.000.000														\$ 15.000.000
Creación de pagina Web y perfil de redes sociales	1	Global	\$ 500.000														\$ 500.000
cctv	1	Global	\$ 3.000.000														\$ 3.000.000
Movilización de equipos CCTV	1	Global	\$ 2.000.000														\$ 2.000.000
Movilización set de limpieza	1	Global	\$ 500.000														\$ 500.000
Movilización canastillas	1	Global	\$ 1.000.000														\$ 1.000.000
																	\$ 202.998.660
Equipos e insumos					Octubre				Noviembre				Diciembre				TOTAL
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	TOTAL
Canastillas	30	unidad	\$ 1.000.000														\$ 30.000.000
Flexibuster	1	Unidad	\$ 466.662.201														\$ 466.662.201
Equipos de computo e insumos	1	Global	\$ 6.000.000														\$ 6.000.000
Set de Limpieza bomba cetrífuga, set de mangueras, canecas de disposición	1	Global	\$ 5.000.000														\$ 5.000.000
Licencia de programas contables y programas de computo	1	paquete	\$ 2.000.000														\$ 2.000.000
Set de herramientas básicas	1	set	\$ 3.000.000														\$ 3.000.000
Instalación de CCTV e internet	1	Global	\$ 7.000.000														\$ 7.000.000
Canecas de 5 Gal	210	Unidad	\$ 5.000														\$ 1.050.000
Papelería e insumos	1	Unidad	\$ 1.000.000														\$ 1.000.000
Pruebas de laboratorio Fertilizantes	1	set	\$ 5.000.000														\$ 5.000.000
																	\$ 526.712.201
Personal					Octubre				Noviembre				Diciembre				TOTAL
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	TOTAL
Trabajador	3	Mensual	\$ 1.455.200														\$ 4.365.600
Supervisor	3	Mensual	\$ 1.539.040														\$ 4.617.120
Gerente/Mercadeo	3	Mensual	\$ 2.330.720														\$ 6.992.160
Vendedor	2	Mensual	\$ 3.560.000														\$ 7.120.000
Contador	1	Mensual	\$ 2.330.720														\$ 2.330.720
Ing Ambiental - Agroindustrial	1	Mensual	\$ 2.880.000														\$ 2.880.000
Costo EPP's del personal	1	Global	\$ 294.000														\$ 294.000
Costo EPP's del personal	1	Global	\$ 294.000														\$ 294.000
																	\$ 28.893.600

Fuente: Autores con datos del mercado

La implementación de la tecnología WTE Flexibuster™ es el foco de este estudio y se limita en los siguientes supuestos y condiciones específicas para el modelo determinístico:

- El período de evaluación del proyecto tendrá como horizonte de evaluación el año 2025 iniciando en el 2021 con 5 años de proyección.
- La planta de producción se planea ubicar cerca a la fuente para aprovechar como ingreso el costo de disposición.
- Se estima que la planta iniciará operaciones en el 2021. Si el proyecto es viable, la construcción de facilidades iniciaría en Octubre de 2020, de acuerdo a cronograma.
- El capital de trabajo (KTNO) requerido para iniciar operaciones asciende a \$ 60 millones de pesos.
- Las ventas estimadas están sujetas a variables como volúmenes producidos en fertilizantes y energía, así como los precios de estos productos en el mercado. Su valor oscila en un rango tenido como referencia de acuerdo con los comportamientos de estos productos en años anteriores.
- A partir del año 2020 desde el inicio del proyecto y hasta el año 2025, horizonte de análisis, el crecimiento estimado de las ventas (crecimiento real), estará en función de variables macroeconómicas tales como el IPC, inflación y un porcentaje sobre el IPC y fue calculado con la fórmula de Fisher.
- El área de la instalación en donde se ubicará la tecnología se tomará como arriendo.
- Costo de ventas, algunos costos de ventas están vinculados directamente a las ventas mediante políticas porcentuales, otros corresponden a valores fijos que tienen incremento de acuerdo con variables macroeconómicas.



- Los gastos operacionales de administración están de acuerdo con la mano de obra calificada necesaria en el proyecto.
- La depreciación y amortización de activos (inversión inicial) se proyectará teniendo en cuenta una vida útil promedio de 10 y 5 años, así mismo, la depreciación de los equipos estimada es lineal. Esto se puede corroborar en la tabla de depreciaciones.
- La tasa de impuesto de renta a las sociedades en Colombia en el 2021 será del 25% usando el beneficio tributario dado para proyectos de implementación de energías renovables. A partir del 2022 se aplicará una tasa promedio de impuestos del 33%.
- La política de capital de trabajo está dada de la siguiente forma: cartera e inventario entre 0 y 45 días y proveedores entre 0 y 30 días.
- La tasa de oportunidad del inversionista es del 18%, tomando en consideración que este es un negocio de poco conocimiento a nivel regional y por ende, implica un alto riesgo su implementación.
- Al final del período establecido para evaluar el proyecto (año 2025) se recupera un valor de salvamento (liquidación) correspondiente al valor en libros de los activos. Igualmente, en el último año se recupera la inversión en capital de trabajo.

Mensualmente para que se mantenga la operación de procesamiento de los residuos, se generarán costos y gastos de operación, sin embargo, estos montos se proyectan anual y van asociados a los recursos que se requieren para que el equipo trabaje continuamente. A continuación, se muestra la tabla con que relaciona los OPEX, donde se evidencian valores puntuales y otros calculados de acuerdo con políticas de inversión basados principalmente en los ingresos.

**Tabla 11. OPEX mensuales de operación de Flexibuster™**

Operación Flexibuster					
Item	Descripción	Cant	Valor unitario	Frecuencia	Valor Anual
	Alquiler de Local - Zona de trabajo	1	\$ 2.000.000	Mensual	\$ 24.000.000
	Papelería e insumos	1	\$ 1.000.000	Mensual	\$ 12.000.000
Costos de Mantenimiento y operatividad					
	Mantenimiento Flexibuster Inlcuye Movilización personal y mtto	1	\$ 4.000.000	semestral	\$ 8.000.000
	Pruebas de laboratorio Fertilizantes	1	2% sobre producción de fertilizantes		Política
	R&D	1	1% sobre producción de fertilizantes		Política
Comercialización y ventas					
Item	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Frecuencia	Valor Anual
Costos Variables directos de operación					
	Insumos Químicos	variable	10% sobre producción de fertilizantes		Política
	Publicidad	1	\$ 400.000	Mensual	\$ 4.800.000
	Publicidad	variable	10% sobre producción de fertilizantes		Política
	Contador de energía	1	\$ 50.000	Mensual	\$ 600.000
	Canecas de 5 Gal	1	\$ 5.000	Unidad	
	Otros Envases	Variable	10% sobre costo total de ventas		Política
Costos Variables indirectos de operación					
	Pagina Web, redes sociales y CCTV	1	\$ 600.000	Mensual	\$ 7.200.000
	Alianzas con entes de sector Agro	1	\$ 500.000	Mensual	\$ 6.000.000
	Uso de pagos por internet, datáfono y soporte bancario	1	4% porcentual sobre ventas		Política
	Equipos menores	1	\$ 800.000	Mensual	\$ 9.600.000

Fuente: Autor

Su incremento se estima porcentual anual, se clasifican y describen de la siguiente forma:

- El insumo principal que corresponde a la biomasa se considera cero, ya que la materia prima que se requiere para operar son los residuos que estiman sin ningún costo. Sin embargo, la adecuación de propiedades del fertilizante resultante del proceso con productos químicos es importante para poder comercializarlo.

- Costos directos asociados como publicidad, envases, y contador de energía se cargan directamente a la operación por cuanto son indispensables en el proceso productivo y están enmarcados en rubros de comercialización.
- Las canastillas donde se disponen los residuos son esenciales para su transporte desde la fuente hacia el equipo.
- En la operación del Flexibuster, se encuentran los salarios de los trabajadores y las herramientas que ellos requieren para trabajar. Para esto se estima contar con un trabajador para la parte operativa de manejo del equipo y quien también realiza el empacado del fertilizante, un supervisor que coordina la entrada de los insumos y el despacho de la energía,

A continuación, el resumen de estos rubros:

**Tabla 12. Otros costos y gastos anuales promedio de operación de Flexibuster <sup>TM</sup>**

COSTOS OPERACIONALES	Montos anuales(COP)
Insumos Químicos	91.084.091
Comercialización	164.101.037
Personal operadores de planta	38.825.726
<u>Subtotal Costos Operacionales Variables</u>	<u>294.010.854</u>

Fuente: Autores

Por otra parte, existen otros costos y gastos indirectos que también hacen parte del ejercicio de la actividad productiva de generación de energía y subproductos con Flexibuster, son básicamente costos administrativos, papelería e insumos, costos de arrendamiento, soporte de internet, pruebas de laboratorio a los fertilizantes, membresías y afiliaciones con entes del sector agro, costos de personal administrativo y de ventas.

- Fuerza de ventas. El correcto desarrollo del nicho del mercado, así como las vías de comunicación efectivas en medios de difusión para llegar a los usuarios finales, debe ser parte de una estrategia de comercialización claramente definida y ejecutada para cumplir con los objetivos propuestos en términos de ingresos por ventas, fidelizar el cliente, así como potencializar su operación a la capacidad máxima de equipos por cuanto el contacto con los clientes, agremiaciones y entidades privadas y gubernamentales que enfocan sus esfuerzos en el sector agro, es crucial para el desarrollo del core del negocio.
- Otro factor importante en la comercialización es soporte virtual de la empresa a través de la página web y redes sociales que se estima impulsen y den soporte a las ventas.
- En cuanto a la mano de obra, las actividades por parte de los trabajadores y su apoyo para el área de mercadeo que para este primer inicio lo realizará la misma persona que hace la función de gerente o encargado de puesta en marcha de la tecnología, además del soporte contable de un contador y del soporte técnico de un Ing Agroindustrial cierran el grupo de personal requerido para el completo desarrollo de las actividades; es importante aclarar la consideración del porcentaje de carga por prestaciones sociales que asciende a un promedio de 60% por encima del salario base, así como los elementos de protección personal acorde al perfil de cargo que se les deben asignar a los trabajadores.
- El rubro de mantenimiento del equipo corresponde a la revisión para que el funcionamiento no tenga interrupciones.

- Con la energía que se genera en el Flexibuster, una parte la emplea el mismo equipo y otra parte para suministrar en venta a las áreas aledañas.

**Tabla 13. Costos operacionales anuales promedio de Flexibuster™**

COSTOS FIJOS	MONTOS ANUALES (COP)
CRECIMIENTO DE LOS COSTOS	1,51%
<b><u>Propiedad planta y equipo</u></b>	<b><u>24.361.200</u></b>
Alquiler de Local - Zona de trabajo	24.361.200
<b><u>Papelería y costos administrativos</u></b>	<b><u>12.180.600</u></b>
Papelería e insumos	12.180.600
<b><u>Costos de Mantenimiento y operatividad</u></b>	<b><u>26.611.381</u></b>
Mantenimiento Flexibuster Inlcuye Movilización personal y mtto	8.120.400
Pruebas de laboratorio Fertilizantes	18.490.981
2% sobre producción de fertilizante	2%
R&D	<b><u>9.245.491</u></b>
1% sobre producción de fertilizante	1%
<b><u>Comercialización</u></b>	<b><u>61.383.935</u></b>
Pagina Web, redes sociales y CCTV	7.308.360
Alianzas con entes de sector Agro	6.090.300
Uso de pagos por internet, datáfono y soporte bancario	38.240.795
Equipos menores	9.744.480
<b><u>Personal Administrativo</u></b>	<b><u>180.128.012</u></b>
Subtotal Costos Operacionales Indirectos	<b><u>370.376.839</u></b>

Fuente: Autores

En el caso de las depreciaciones que son rubros que solamente permiten el reconocimiento del valor y tasa de desgaste de los equipos empleados en el proceso productivo, pero no un valor de descuento real, estos montos se usan como una base descontable para el pago de impuestos. A continuación, se evidencia la tabla correspondiente a los valores de depreciación de los equipos.

**Tabla 14. Detalle de costo de equipos y periodos de vida útil**

Dep	Descripción	Cantidad	Nuevo	Nuevo		Remanente	
			Costo Inicial Otra Moneda	Costo inicial	tiempo depreciación	periodo de vida	Valor
				COP	Años	COP	
1	Canastillas	30	\$ 1.000.000	\$ 30.000.000	5,0	1,0	0
2	Flexibuster	1	GBP 115.000,00	\$ 466.662.201	10,0	1,0	233.331.101
3	Equipos de cómputo e insumos	1		\$ 6.000.000	5,0	1,0	0
4	Set de Limpieza bomba centrífuga, set de mangueras, canecas de disposición	1		\$ 5.000.000	5,0	1,0	0
5	Licencia de programas contables y programas de computo	1		\$ 2.000.000	5,0	1,0	0
6	Set de herramientas básicas			\$ 3.000.000	5,0	1,0	0
7	CCTV			\$ 3.000.000	5,0	1,0	0
	Depreciación lineal			<b>515.662.201</b>			233.331.101

Fuente: Autores

**Tabla 15. Depreciación de equipos**

Dep	Descripción						
		Año 2021	Año 2022	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Total
		COP	COP	COP	COP	COP	COP
1	Canastillas	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	<b><u>6.000.000</u></b>	<b>30.000.000</b>
2	Flexibuster	46.666.220	46.666.220	46.666.220	46.666.220	46.666.220	<b>233.331.101</b>
3	Equipos de cómputo e insumos	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	<b><u>1.200.000</u></b>	<b>6.000.000</b>
4	Set de Limpieza bomba centrífuga, set de mangueras, canecas de disposición	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	<b><u>1.000.000</u></b>	<b>5.000.000</b>
5	Licencia de programas contables y programas de computo	400.000	400.000	400.000	400.000	<b><u>400.000</u></b>	<b>2.000.000</b>
6	Set de herramientas básicas	600.000	600.000	600.000	600.000	<b><u>600.000</u></b>	<b>3.000.000</b>
7	CCTV	600.000	600.000	600.000	600.000	<b><u>600.000</u></b>	<b>3.000.000</b>
	<b>DEPRECIACIÓN POR PERIODO</b>	<b>56.466.220</b>	<b>56.466.220</b>	<b>56.466.220</b>	<b>56.466.220</b>	<b>56.466.220</b>	
	<b>VALOR EN LIBROS DE LOS ACTIVOS</b>	<b>459.195.981</b>	<b>402.729.761</b>	<b>346.263.541</b>	<b>289.797.321</b>	<b>233.331.101</b>	

Fuente: Autores

### **4.3 Estructura legal y administrativa**

#### **4.3.1 Estructura legal**

El estado colombiano ha emitido normatividad que permite que las ideas innovadoras en función de la protección del medio ambiente, tenga prioridad en su aprobación pues son estas las que contribuyen a que las condiciones ambientales mejoren y se genere un nuevo ciclo productivo con aquello que pareciera que no tendría mayores utilidades. Es el caso del documento del Consejo Nacional De Política Económica y Social CONPES 3934 Política de Crecimiento Verde de Junio de 2018, que busca definir las estrategias con su plan de acción para el aumento de la productividad y la competitividad económica del país asegurando el uso sostenible de los recursos naturales por medio de la promoción de nuevas oportunidades económicas que optimicen estos recursos hasta cuando estos se convierten en residuos.

El decreto 0570 de 2018 del Ministerio de Minas y Energía es una de estas estrategias siendo la ventana para el proceso de adopción de nuevas tecnologías generadores de energía pues estipula los lineamientos de política de pública para contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía con el fin de gestionar el riesgo de atención de la demanda futura de energía eléctrica mediante fuentes alternas de energía ante eventos de variabilidad y cambio climático, fomentando el desarrollo económico sostenible, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del sector de generación eléctrica de acuerdo a los compromisos adquiridos por Colombia en la Cumbre Mundial de Cambio Climático en París (COP21).

A pesar de todos estos esfuerzos del gobierno anteriormente mencionados, existe poca tendencia en inversión por este tipo de proyectos debido a la dificultad que enfrentan cuando se requiere desarrollar y financiar que para Enersinc (2018) se relaciona por aspectos como son la



estructura de costos, los mecanismos de financiación de los proyectos, el diseño actual del mercado y el nivel esperado de ingresos por ventas en bolsa generando desconfianza en el sector financiero por su alta percepción de riesgo. Adicional, en el documento CONPES 3934 describen que en Colombia no se cuenta con un mecanismo de precios o de mercado asociado a la generación de emisiones de GEI, dificultando la valoración de los beneficios económicos generados por estas tecnologías limpias.

El gobierno colombiano, para incentivar esta inversión ha definido dentro del Estatuto Tributario, ley 1819 de 2016 en su artículo 155 que las personas jurídicas que realicen este tipo de inversiones pueden descontarse en renta el 25%, es decir que del total de impuesto de renta que se incrementa por la realización y/o adquisición en función de la protección ambiental, se puede llegar a descontar un 25%, esto para el año gravable en el que se hizo la inversión, es decir que dentro de las actividades de inversión que contribuyen al medio para determinado año, se invierten \$1.000.000, que representa alrededor de \$300.000 en impuesto de renta, se tendría un descuento de \$75.000, teniendo como valor final a pagar \$225.0000.

Considerando todo lo anterior mencionado, estas propuestas de negocio son ideales para las mismas entidades generadoras de los residuos, pues son ellas las que tienen las ventajas tributarias ante la implementación de estas tecnologías o cuando trabajan en función de la protección del medio ambiente, además que les permite que sus procesos productivos sean lo más eficientes pues sus recursos tienen el máximo aprovechamiento, llevando casi a cero los desperdicios, estando bajo un modelo de lean manufacturing que Vinodh & Joy (2012) lo definen como el modelo que tiene como objetivo reducir al mínimo los residuos de forma continua para maximizar el flujo permitiendo la reducción de costos y haciendo más eficiente el proceso productivo. (Vinodh & Joy, 2012)

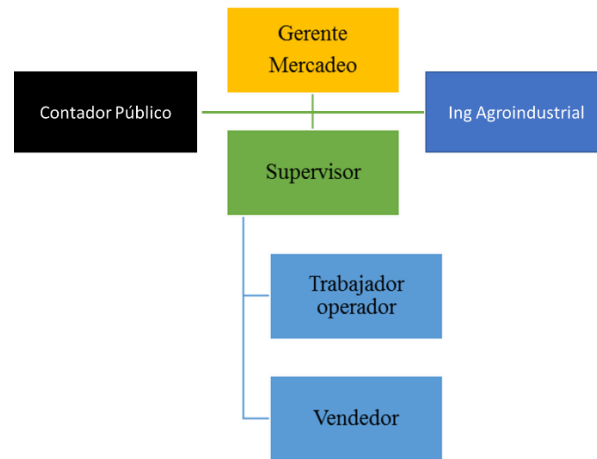
### 4.3.2 Estructura administrativa

Para el funcionamiento de la tecnología WTE Flexibuster <sup>TM</sup>, la estructura administrativa no requiere de tantos trabajadores puesto que el equipo trabaja independiente, siendo necesarios los trabajadores para la limpieza del área y para ir introduciendo los residuos orgánicos dentro del digestor a medida que lleguen o se requiera. La estructura organizativa que estará a cargo de la tecnología se presenta en la figura 17 y el detalle de las actividades que realizarían los trabajadores involucrados es la siguiente:

- **Trabajador operativo:** persona encargada de realizar las labores de limpieza del área, recoger y/o recibir las canastillas de residuos orgánicos, acomodar las canastillas dentro del área, ingresar los residuos orgánicos al contenedor Flexibuster <sup>TM</sup>, organizarlos insumos para el empacado del fertilizante, empacar fertilizantes.
- **Supervisor:** persona encargada de llevar los registros de las entradas y salidas residuos orgánicos, apoyar en el empacado de los fertilizantes, organizar los galones de fertilizantes, llevar registros de los galones de fertilizantes que se producen, reportar al gerente o persona encargada de las novedades en la operación del equipo y los recursos que se requieren para la continuidad en el trabajo.
- **Ing Agroindustrial:** es responsable del proceso técnico de producción tanto de energía, calor como de los fertilizantes, de igual manera es el encargado técnico responsable de la caracterización fisicoquímica del producto, así como de los procesos de acondicionamiento químico, muestreo, pruebas y preservación de los mismos. Es el encargado del contacto técnico con entidades gubernamentales de control, agremiaciones y entes relacionados con los sectores agro. Está en relación y

contacto directo con clientes para soporte de técnico en el uso y formas de aplicación de los fertilizantes. Debe soportar al gerente y participar en la toma de decisiones referentes a los análisis y mejoras técnicas de los productos, así como participar de reuniones, eventos, ferias y donde quiera que se necesite presencia y representación de la empresa.

- Gerente/mercadeo: persona encargada del control administrativo y financiero de la operación del Flexibuster™, tabulando y analizando los registros que le entrega el supervisor sobre las novedades del equipo, insumos requeridos y productos generados, desarrollar las estrategias de mercado para que los residuos generados sean dispuestos en el equipo, reportar las novedades de producción, es decir la demanda disponible de fertilizantes y las tarifas con las que se puede ofrecer, descuentos o tarifas especiales según el tipo de cliente por cantidad o frecuencias de compras y está en contacto directo con el ing Agroindustrial y los representantes de ventas. Es el responsable del control interno de costos y gastos, así como el manejo contable de la empresa, debe presentar informes y participar activamente en reuniones gremiales cuando se requiera.
- Vendedor: persona que debe realizar la comercialización, encargado de promocionar y atender los diversos clientes (sean comercializadores o productores de insumos agrícolas) en búsqueda del fertilizante líquido generado por la tecnología WTE Flexibuster™; igualmente debe asegurar el orden y limpieza en el área de almacén garantizando que las presentaciones del producto se encuentren en buen estado.
- Contador: es quien se encarga de las cuentas y los informes financieros.



**Figura 17. Estructura organizativa para operación de WTE Flexibuster™**

Fuente: Autores

**Tabla 16. Costos directos por mano de obra**

Costo del personal										
Cantidad	Cargo	Salario Base	Costo Hora extra	Horas extra/Mes	Auxilio Transporte	Carga prestacional 1.6 veces	Comisión producto vendido	Viaticos	Total/Mes	Total/Año
Mano de Obra No Calificada										
		COP/mes	COP/día	Unidades	Cop/Mes	COP/Mes			Costo mensual	Costo Anual
1	Trabajador	800.000	4.500	16	60.000	523.200			1.455.200	17.462.400
1	Supervisor	850.000	4.650	16	60.000	554.640			1.539.040	18.468.480
<i>Subtotal MONC</i>									2.994.240	35.930.880
Mano de Obra Calificada										
1	Gerente/Mercadeo	1.400.000	4.800	4	60.000	851.520			2.330.720	27.968.640
2	Vendedor	1.000.000	4.800	0	60.000	600.000	10.000	400.000	7.120.000	85.440.000
1	Contador	1.400.000	4.800	4	60.000	851.520			2.330.720	27.968.640
1	Ing Agroindustrial	1.800.000				1.080.000			2.880.000	34.560.000
<i>Subtotal MOC</i>									11.781.440	141.377.280
Costo EPP's del personal										
Cantidad	Cargo	Overol	Camisa-Ptлон	G. Nitrilo	G. Cuero	Gafas	Botas cuero	Botas Caucho		Total/Año
Mano de Obra No Calificada										
		ea/ 3 meses	par/3 meses	ea/mes	ea/2 meses	ea/mes	ea/ 6 meses	ea/ 4 meses		Costo
1	Trabajador	400.000	0	48.000	72.000	72.000	140.000	150.000		882.000
1	Supervisor	400.000	0	48.000	72.000	72.000	140.000	150.000		882.000
<i>Subtotal MONC</i>										1.764.000
Mano de Obra Calificada										
1	Gerente/Mercadeo	0	240.000	0	0	0	140.000	0		380.000
2	Vendedor	0	240.000	0	0	0	140.000	0		760.000
1	Contador	0	240.000	0	0	0	140.000	0		380.000
<i>Subtotal MOC</i>									0	1.520.000

Fuente: Autores

## **4.4 Análisis financiero para la puesta en marcha**

### **4.4.1 Tarifa de disposición de residuos generados al mes**

Uno de los beneficios en la implementación de este tipo de tecnologías es el menor pago por el servicio de recolección pues la tarifa de recolección cambia debido al cambio en la cantidad de residuos a disponer. Esta cantidad se determina con el aforo realizado por la empresa prestadora del servicio, siendo aforo el proceso mediante el cual se determina la cantidad de residuos, estableciendo el peso y volumen de estos.

Básicamente consiste en visitas para la realización de las mediciones puntuales, visitas que se harán en los días en que se presta el servicio, dentro de los horarios semanales habituales de recolección, teniendo como resultado la estimación a partir de la medición (peso y volumen) de los residuos generados y presentados durante por lo menos dos (2) semanas de un mismo período de facturación.

Para que el cobro de la tarifa sea modificado, se debe solicitar la realización del aforo que para este caso la entidad que considera que hubo variación en la cantidad de residuos generados, es la que realiza el respectivo pago. En este primer análisis, se considerará el valor de la tarifa presentada para el año 2016 en el informe de gestión que correspondía a \$243.590.000.

Teniendo en cuenta que en el año se producen 4.643,6 y que la reducción mensual corresponde a 40 toneladas, en el año 480 toneladas, representando una disminución en la generación de residuos en un 15,51%. Considerando este porcentaje y que el valor total de disposición de residuos para el año 2016 fue de \$243.590.000 se presenta un ahorro de \$25.179.430 al año (Tabla 17)

**Tabla 17. Beneficio económico residuos aprovechados en Flexibuster™**

Concepto	Valor	Unidad
Residuos iniciales generados	4.644	Toneladas/Año
Residuos aprovechados Flexibuster	480	Toneladas/Año
Nuevos residuos sin aprovechar	4.164	Toneladas/Año
% Variación	15,51%	
Costo disposición residuos inicial	\$ 243.590.000	COP/año
Costo nuevo disposición	\$ 218.410.430	COP/año
Ahorro en disposición de residuos	\$ 25.179.430	COP/año

Fuente: Autores

#### 4.4.2 Valor del servicio energía eléctrica

La energía eléctrica es uno de los rubros que representa un porcentaje importante en los establecimientos comerciales como Centro Abastos y las plazas de mercado pues la tarifa que les representa es la comercial, siendo la más elevada de cobro. Actualmente, para la ESSA, el cobro del servicio de energía de acuerdo con la fórmula tarifaria es como se muestra a continuación:

**Tabla 18. Formula tarifaria y costos de energía. Bucaramanga 2019**

Componentes de Costo (Cuv) @ 2019			%
Generación (G)	207,16	\$/KWh	39%
Transmisión (T)	34,53	\$/KWh	6%
Distribución (D)	187,79	\$/KWh	35%
Restricción (R )	11,15	\$/KWh	2%
Pérdidas (PR)	38,41	\$/KWh	7%
Comercialización (C )	55,72	\$/KWh	10%
$(G)+(T)+(D)+(R )+(PR)+(C) = Cuv$	534,76	\$/KWh	

ESSA (2019)

Para el año 2016, Centro Abastos presentó un aumento alrededor de 30% debido a la ampliación de los módulos arrendados que tuvo variación del 7,36% y diversas adecuaciones que están haciendo para el mejoramiento de la infraestructura.

**Tabla 19. Gasto energía eléctrica 2016-2015 en Centro Abastos Flexibuster™**

Descripción	2016	2015	Variación	Variación
Gastos de distribución/ventas	256.038.000	185.805.000	70.233.000	0,38
Gastos de administración	128.883.000	115.459.000	13.424.000	0,12
Total	384.923.016	301.266.015	83.657.000	0,28

Fuente: (Centro Abasto, 2016)

La energía eléctrica es otro insumo que produce el Flexibuster™, siendo un recurso importante considerando el costo elevado del servicio de energía que implica para este tipo de establecimientos, costo que puede disminuirse con los mismos residuos que estos generan a través de esta tecnología. (Seab Energy, 2018)

El equipo Flexibuster™ autoconsume en su proceso de digestión de biomasa entre el 10 - 15%, teniendo un 85 - 90% restante para distribuir o vender en las áreas colindantes con distancias de 10 metros, según la información que revela el desarrollador del producto. (WRAP, 2013)

Este insumo tiene una oportunidad de comercialización de la energía generada en algún establecimiento comercial cercano, cuyo valor por kilovatio-h generado según las tarifas de la ESSA para el año 2019 representa alrededor de \$ 9.000.000 con variación en el precio de acuerdo con la biomasa de alimentación del biodigestor relacionado directamente con su poder calorífico, condiciones internas de eficiencia del sistema y precio de contrato o del mercado. La información reportada, se consolida en la Tabla 20.

**Tabla 20. Beneficio económico energía eléctrica generada en Flexibuster™**

Electricidad generada	815	kWh-día
Valor kWh	530	COP
Ahorro anual energía eléctrica	104.841.000	COP
Ahorro mensual energía eléctrica	8.736.000	COP



Fuente: Autores

#### **4.4.3 Ingresos operacionales por producción de fertilizantes**

En el ámbito de los fertilizantes, actualmente Colombia tiene dos fuentes de adquisición, por un lado los insumos químicos que en su variedad de acondicionadores de suelo tienen múltiples portafolios de acuerdo al tipo de necesidad a cubrir como lo son principalmente fuentes de Nitrógeno (para cultivos de crecimiento), Fósforo y Potasio entre otros.

Una combinación de ellos según la experiencia y un estudio de suelos, es lo que empresas del sector agro-químico, ofrecen como apoyo al campesino para incrementar su productividad, sin embargo, estos productos son importados desde países como Noruega, Rusia, Alemania, entre otros. Por lo tanto, sus precios finales de venta se impactan sensiblemente por factores como tasas de cambio, costos de importación, aranceles, flete entre muchos otros que en ocasiones incrementan el costo para los productores hasta en un 200%, los acuerdos de TLC bloquean coyunturalmente el desarrollo del agro y aunque Colombia cuenta actualmente con políticas de gobierno para el sector agro como el ZIDRES, los altos costos en insumos pone en cuerda floja algunos cultivos como el café. Este panorama no es muy distinto de los productos de tipo orgánico (avalados por el Instituto Colombiano Agropecuario), ya que su producción también presenta altos costos y al final estos son trasladados al usuario final.

En el 2013, se presentaron manifestaciones y un paro agrario por alzas en los precios de los insumos de acondicionamiento de suelo, poniendo en un punto coyuntural el sector agro.

La tecnología WTE Flexibuster™ permite obtener fertilizantes para uso en las mismas tierras en donde se realiza la siembra o para vender a los mismos campesinos que llevan los

productos a Centro Abastos y/o las plazas de mercado. En este sentido, permite concluir que los residuos orgánicos no solo son fuentes generadoras de energía, también vuelven a ser parte de la cadena de valor de los alimentos, contribuyendo a la generación de nuevos productos.

Para la Asociación Ambiental Neia (2015) se producen 747 Toneladas por año siendo una proporción importante que representa una demanda aproximada de 2 toneladas por día que dada la constante entrada de insumos a diarios en estas plazas de distribución teniendo para Centro Abastos en el año 2016, un ingreso promedio de 1.393 toneladas de alimentos, con una entrada de vehículos de 3.572 diarios distribuidas en los 1.196 módulos en arrendamiento. Según las características de los alimentos, se requiere cierta proporción de fertilizantes líquidos que, para el caso de Colombia el Instituto Colombiano Agropecuario, reportó un consumo de **17.426.333** litros en el 2016, siendo este un mercado potencial que se abriría para el establecimiento sea Centro Abastos o las plazas de mercado de una empresa constituida con el sistema del biodigestor Flexibuster™.

Las fichas técnicas de los fertilizantes líquidos (ISUSA, 2016) muestran que, a una temperatura de 20° C, la densidad del fertilizante es de  $1,30 \text{ g/cm}^3$  que a su vez equivale a  $1,30 \text{ kg/l}$ . En estos términos la producción en litros de los fertilizantes líquidos para las 2 toneladas diarias (2.000 kilogramos) sería de 1.538 litros.

$$d = \frac{m}{v} \rightarrow v = \frac{m}{d}$$

$$v = \frac{2.000 \text{ kg}}{1,30 \text{ kg/l}} = 1.538 \text{ l}$$

**Tabla 21. Producción de fertilizante líquido en Flexibuster™**

Escenario 50%		
Descripción	Cantidad	Unidad
Total litros producidos <i>al 50% de la capacidad de la planta</i>	638	litros/Día
Total presentación Caneca 5 Galones -(19 litros)	33	Diarios
Fertilizante Caneca 5 Galones	165	Semanal
Fertilizante Caneca 5 Galones	660	Mensual
Fertilizante Caneca 5 Galones	7920	Anual

Fuente: Autores con datos de (NEIA, 2015)

El total de litros a producir representa alrededor del 1% de los 17.426.333 litros que se vendieron para el año 2016 en toda Colombia teniendo como ventaja, la facilidad de generación de este residuo. Esta ventaja de adquisición para los campesinos y demás productores agrícolas que lleguen a estos sitios.

Estos litros de fertilizante líquido pueden variar dependiendo de la humedad de los residuos orgánicos que allí se depositen pero aún con esta variación, tomando un 18% de producción se tiene un mercado potencial porque como lo menciona Giraldo & Gómez (2014) con referencia en estudios del Banco Mundial, en el país se usaron 575,4 toneladas de fertilizantes por hectárea cultivable además que los precios de los fertilizantes representan un porcentaje significativo en los costos de producción de productos transitorios y permanente teniendo para el caso del arroz, algodón, papa y maíz blanco que los fertilizantes representan entre el 20 y el 30% de sus costos y para el café, el cacao, la palma y la caña panelera, van desde el 15 hasta el 30%.

Adicional a esto, los insumos para producir fertilizantes son importados haciendo que el costo se defina según el mercado externo y al realizar esta comparación de precios se observa un sobre costo desde el 30 hasta llegar incluso a doblarse el valor dependiendo del fertilizante requerido. Las características de este fertilizante se presentan en la tabla 22 teniendo como principal componente el Nitrógeno que es el principal componente de crecimiento de la planta. (FAO, 2015).

**Tabla 22. Propiedades fertilizante líquido producido en Flexibuster™**

Determinand on a fresh weight basis	Units	Result	Amount per fresh tonne or m3	Amount applied at an equivalent total Nitrogen application of 250 kg N/ha	Units
pH		8.52			
Total Solids	%	29.0	290.00	25001	kg DM
Total Nitrogen	% w/w	0.290	2.90	250	kg N
Ammonium Nitrogen	mg/kg	2828	2.83	243.80	kg NH4-N
Nitrate Nitrogen	mg/kg	<10	< 0.01		kg NO3-N
Total Phosphorus (P)	mg/kg	384	0.88	75.81	kg P2O5
Total Potassium (K)	mg/kg	1009	1.21	104.38	kg K2O
Total Magnesium (Mg)	mg/kg	74.1	0.12	10.60	kg MgO
Total Sulphur (S)	mg/kg	365	0.91	78.67	kg SO3
Total Copper (Cu)	mg/kg	42.2	0.04	3.64	kg Cu
Total Zinc (Zn)	mg/kg	19.1	0.02	1.65	kg Zn
Total Sodium (Na)	mg/kg	1049	1.41	121.91	kg Na2O
Total Calcium (Ca)	mg/kg	769	0.77	66.30	kg Ca
Equivalent field application rate		—	1.00	86.21	tonnes or m3 / ha

(Seab Energy, 2016)

Los centros de comercio de productos orgánicos, se consideran el nicho de mercado en donde los usuarios de estos productos de acondicionamiento de suelos se proveen de productos como fertilizantes para la siembra. En este caso, para los ingresos operacionales se toma como valor promedio \$5.000 por litro, teniendo solo el 50% de lo que puede generar de fertilizantes el Flexibuster por las consideraciones mencionadas en la variación de las propiedades de los residuos y según los costos de los fertilizantes presentados en el informe del DANE (2019) se tienen los ingresos presentados en la Tabla 23.

**Tabla 23. Ventas por fertilizante líquido diarias**

Escenario 50%			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	
Total litros producidos <i>al 50% de la capacidad de la planta</i>	638	litros/Dia	
Total presentación Caneca 5 Galones -(19 litros)	33	Diarios	
Fertilizante Caneca 5 Galones	165	Semanal	
Fertilizante Caneca 5 Galones	660	Mensual	
Fertilizante Caneca 5 Galones	7920	Anual	
<b>Rango de Precios<sup>7</sup></b>	<b>Cantidad Min</b>	<b>Cantidad Max</b>	<b>Unidad</b>
Valor unitario*	\$ 100.000	\$120.000	COP
Valor Ingreso Anual	\$ 792.000.000	\$ 950.400.000	COP
* El precio oscila de acuerdo con la concentración del fertilizante resultante, este varía de acuerdo a la composición de la biomasa con q se alimenta el sistema.			
** Se aplica un factor de eficiencia de un 50%.			

Fuente: Autores

**4.4.4 Estados Financieros de la puesta en marcha de la tecnología WTE Flexibuster™**

La factibilidad para la implementación de una propuesta de idea de negocio inicia demostrando que se tiene una demanda posible de suministrar o por medio de la demostración de una mejor eficiencia de los recursos que para este caso se presentan estos dos escenarios. Los ingresos que se generan por la implementación de esta tecnología se presentan por tres conceptos que son ahorro en la disposición de residuos, venta de energía e ingresos por la venta de fertilizantes.

**Tabla 24. Ingresos operacionales implementación tecnología WTE Flexibuster™**

Unidades de Producto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cantidad Fertilizante Orgánico Producido - Can 5 Gal		7920 can/año	9600 can/año	12720 can/año	13200 can/año	13200 can/año
% Estimado de producción Fertilizante		50%	60%	80%	85%	85%
Cantidad Energía producida [Kw-h]		211.853 kw-h/año	211.853 kw-h/año	211.853 kw-h/año	211.853 kw-h/año	211.853 kw-h/año
% Estimado de producción energía		50%	60%	80%	85%	85%
Cantidad Contrato de disposición de residuos - [Ton/año]		720	720	720	720	720
Cantidad Mínima a utilizar		50%	60%	80%	85%	85%
Cantidad Máxima a utilizar		60%	70%	80%	90%	85%
Precio Fertilizante Orgánico Producido						
Precio Mínimo		\$146.370,21	\$147.819,42	\$150.011,26	\$150.011,26	\$150.011,26
Precio Máximo		\$188.190,27	\$190.053,54	\$192.871,62	\$192.871,62	\$192.871,62
Precio Energía producida [COP]		535	535	535	535	535
Precio Tarifa de disposición de residuos		\$27.641.388	\$27.915.065	\$28.188.742	\$28.533.222	\$28.575.703
Porcentaje de descuento		70%	70%	70%	70%	70%
CRECIMIENTO Cantidades		0%	10%	20%	5%	5%
IPC		1%	2%	3%	3%	3%
CRECIMIENTO ADICIONAL AL IPC SOBRE PRECIOS		0,50%	0,50%	0,50%	0,75%	0,90%
INFLACIÓN		3%	3%	3%	4%	4%
CRECIMIENTO NOMINAL PRECIOS IPC + Add sobre IPC + Inflación		4,55%	5,59%	6,62%	7,92%	8,08%
INGRESOS POR VENTAS						
Fertilizante Orgánico Producido - Can 5 Gal		\$910.840.097	\$1.114.980.768	\$1.491.833.336	\$1.745.121.378	\$1.747.719.574
Energía producida		\$44.298.568	\$53.684.601	\$72.281.227	\$82.310.104,0	\$ 87.012.241
Contrato de disposición de residuos - Ton/año		\$880.407	\$1.091.398	\$ 1.306.355	\$1.582.561,27	\$1617.058
<b>TOTAL INGRESO</b>		\$916.019.882	\$1.169.756.767	\$1.565.420.919	\$1.829.014.042	\$1.836.348.873

Fuente: Autores

Continuando, costos y gastos operativos y administrativos que ya fueron descritos en numerales anteriores.

**Tabla 25. Estado de resultados implementación tecnología Flexibuster™ (en COP)**

INGRESOS POR VENTAS		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Fertilizante Orgánico Producido - Can 5 Gal		910,840,907	1,114,980,768	1,499,255,393	1,499,255,393	1,499,255,393
Energía producida		44,298,568	53,684,601	72,640,835	72,640,835	72,640,835
Contrato de disposición de residuos - Ton/año		880,407	1,091,398	1,418,044	1,418,044	1,418,044
<b>TOTAL INGRESO</b>		<b>956,019,882</b>	<b>1,169,756,767</b>	<b>1,573,314,272</b>	<b>1,573,314,272</b>	<b>1,573,314,272</b>
COSTOS OPERACIONALES						
<b>Insumos Químicos</b>		91,084,091	111,498,077	149,925,539	149,925,539	149,925,539
Insumos Químicos		91,084,091	111,498,077	149,925,539	149,925,539	149,925,539
10% Insumos Químicos sobre producción de fertilizante		10%	10%	10%	10%	10%
<b>Comercialización</b>	1,050,000	164,101,037	211,937,861	308,300,189	308,300,189	308,300,189
Publicidad		4,944,000	4,944,000	4,944,000	4,944,000	4,944,000
10% de Publicidad porcentual sobre total ingreso		111,428,897	149,272,661	227,076,449	227,076,449	227,076,449
Contador de Energía		618,000	618,000	618,000	618,000	618,000
Canecas de 5 Gal	1,050,000	42,827,400	51,912,000	68,783,400	68,783,400	68,783,400
Otros Envases		4,282,740	5,191,200	6,878,340	6,878,340	6,878,340
<b>Personal operadores de planta</b>	9,276,720	38,825,726	38,825,726	38,825,726	38,825,726	38,825,726
Personal MONC	8,982,720	37,008,806	37,008,806	37,008,806	37,008,806	37,008,806
Costo EPP's del personal	294,000	1,816,920	1,816,920	1,816,920	1,816,920	1,816,920
<b>Subtotal Costos Operacionales Variables</b>		<b>294,010,854</b>	<b>362,261,664</b>	<b>497,051,455</b>	<b>497,051,455</b>	<b>497,051,455</b>
<b>(=) UTILIDAD BRUTA</b>		<b>662,009,027</b>	<b>807,495,103</b>	<b>1,076,262,818</b>	<b>1,076,262,818</b>	<b>1,076,262,818</b>
COSTOS FIJOS						
<b>CRECIMIENTO DE LOS COSTOS</b>		1.51%	2.51%	4.03%	4.03%	4.03%
<b>Arrendamiento</b>	2,000,000	24,361,200	24,602,400	24,967,200	24,967,200	24,967,200
Alquiler de Local - Zona de trabajo	2,000,000	24,361,200	24,602,400	24,967,200	24,967,200	24,967,200
<b>Papelería y costos administrativos</b>	1,000,000	12,180,600	12,301,200	12,483,600	12,483,600	12,483,600
Papelería e insumos	1,000,000	12,180,600	12,301,200	12,483,600	12,483,600	12,483,600
<b>Costos de Mantenimiento y operatividad</b>	5,000,000	26,611,381	31,060,136	39,515,908	39,515,908	39,515,908
Mantenimiento Flexibuster Incluye Movilización personal y mantenimiento		8,120,400	8,200,800	8,322,400	8,322,400	8,322,400

Pruebas de laboratorio Fertilizantes	5,000,000	18,490,981	22,859,336	31,193,508	31,193,508	31,193,508
2% sobre producción de fertilizante		2%	2%	2%	2%	2%
R&D		9,245,491	11,429,668	15,596,754	15,596,754	15,596,754
1% sobre producción de fertilizante		1%	1%	1%	1%	1%
<b>Comercialización</b>		61,383,935	70,162,551	86,651,411	86,651,411	86,651,411
Página Web, redes sociales y CCTV		7,308,360	7,380,720	7,490,160	7,490,160	7,490,160
Alianzas con entes de sector Agro		6,090,300	6,150,600	6,241,800	6,241,800	6,241,800
Uso de pagos por internet, datafono y soporte bancario		38,240,795	46,790,271	62,932,571	62,932,571	62,932,571
Equipos menores		9,744,480	9,840,960	9,986,880	9,986,880	9,986,880
<b>Personal Administrativo</b>	19,616,880	145,047,884	146,484,002	148,656,040	148,656,040	148,656,040
Gerente/Mercadeo	6,992,160	28,389,568	28,670,653	29,095,776	29,095,776	29,095,776
Vendedor	7,120,000	86,725,872	87,584,544	88,883,232	88,883,232	88,883,232
Contador	2,330,720	28,389,568	28,670,653	29,095,776	29,095,776	29,095,776
Ing Agroindustrial	2,880,000					
Costo EPP's del personal	294,000	1,542,876	1,558,152	1,581,256	1,581,256	1,581,256
<b>Depreciación de Equipos</b>		56,466,220	56,466,220	56,466,220	56,466,220	56,466,220
Canastillas		6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000
Flexibuster		46,666,220	46,666,220	46,666,220	46,666,220	46,666,220
Equipos de cómputo e insumos		1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
Set de Limpieza bomba centrífuga, set de mangueras, canecas de disposición		1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Licencia de programas contables y programas de computo		400,000	400,000	400,000	400,000	400,000
Set de herramientas básicas y CCTV		1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000
<b>Total Gastos administrativos y de ventas</b>		<b>335,296,711</b>	<b>352,506,176</b>	<b>384,337,133</b>	<b>384,337,133</b>	<b>384,337,133</b>
<b>(=) UTILIDAD OPERACIONAL</b>		<b>326,712,316</b>	<b>454,988,927</b>	<b>691,925,685</b>	<b>691,925,685</b>	<b>691,925,685</b>
(-) Intereses – Financiación		(64,000,504)	(48,980,603)	(31,707,716)	(11,843,896)	-
<b>(=) UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS – UAI</b>		<b>262,711,812</b>	<b>406,008,324</b>	<b>660,217,969</b>	<b>680,081,788</b>	<b>691,925,685</b>
TASA DE IMPUESTO (33%)		25%	33%	33%	33%	33%
IMPUESTOS		65,677,953	133,982,747	217,871,930	224,426,990	228,335,476
<b>(=) UTILIDAD NETA</b>		<b>197,033,859</b>	<b>272,025,577</b>	<b>442,346,039</b>	<b>455,654,798</b>	<b>463,590,209</b>



Fuente: Autores

**Tabla 26. Estado de flujo de caja efectivo tecnología Flexibuster™ (en COP)**

<b>Flujo de Caja Operativo</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Utilidad Operacional</b>	-	487.228.764,09	682.785.678,61	1.032.254.210,43	1.034.096.794,98	1.035.202.345,72
Depreciaciones+ amortizaciones gastos	-	105.075.938,77	105.075.938,77	105.075.938,77	105.075.938,77	56.466.220,10
Impuestos	-	-	(105.807.065,03)	(209.155.675,09)	(330.180.343,16)	(337.343.456,51)
<b>Neto Flujo de Caja Operativo</b>	-	592.304.702,86	682.054.552,34	928.174.474,11	808.992.390,59	754.325.109,30
<b>VARIACIÓN KTNO</b>		(137.522.774,28)	(33.483.805,51)	(59.695.101,80)	(246.709,29)	(148.025,57)
Activos	(515.662.201,00)	-	-	-	-	-
Desembolso	500.000.000,00	-	-	-	-	-
Amortización deuda		(100.132.675,80)	(115.152.577,16)	(132.425.463,74)	(152.289.283,30)	-
Intereses		(64.000.503,96)	(48.980.602,59)	(31.707.716,01)	(11.843.896,45)	-
<b>Neto Periodo</b>	(15.662.201,00)	290.648.748,83	484.437.567,08	704.346.192,56	644.612.501,55	754.177.083,73
Saldo anterior	-	(210.101.075,67)	80.547.673,16	564.985.240,24	1.269.331.432,80	1.913.943.934,35
Saldo siguiente	(15.662.201,00)	80.547.673,16	564.985.240,24	1.269.331.432,80	1.913.943.934,35	2.668.121.018,08

Fuente: Autores

El balance general consolida el resultado del estado de flujo de caja, el estado de resultados (pérdidas y ganancias PyG), junto con los recursos (Activos), deudas (Pasivo) y patrimonio, donde se evidencia un considerable rendimiento puesto que tanto el patrimonio como los activos suben mientras que los pasivos disminuyen, demostrando que la implementación de esta tecnología es un gran beneficio siendo un negocio sostenible porque genera rentabilidad.

El activo tiene un aumento entre el año de inicio y el año 1, de aproximadamente un 68% con respecto al primero, siendo esto debido a un valor de activos fijos en libros alto pues corresponden al costo de inversión inicial CAPEX en equipos y herramientas sin generar ingresos que sopesen las inversiones, porcentaje que disminuye pero que sigue siendo positivo el aumento comparando con el periodo anterior de evaluación, puesto que aumenta en un 50% hasta un 28%.

El valor en efectivo aumenta considerablemente, dándole liquidez a corto plazo, permitiéndole adquirir más equipos para un mayor aprovechamiento de los residuos sea por recursos propios o por bancos que con los resultados del indicador de razón corriente, se convierte en un atractivo, porque a partir del 2 año, se tiene el indicador por encima de 1 y sigue aumentando, siendo más fácil la adquisición de créditos.

$$\text{Razón corriente 1} = \frac{381.528.552,18}{523.303.337,97} = 0,72$$

$$\text{Razón corriente 2} = \frac{854.262.450,34}{514.921.615,10} = 1,66$$

$$\text{Razón corriente 3} = \frac{1.575.765.833,22}{509.592.626,63} = 3,09$$

$$\text{Razón corriente 4} = \frac{2.172.020.210,73}{364.471.342,02} = 5,96$$

**Tabla 27. Balance general tecnología Flexibuster™ (en COP)**

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	AÑOS 2020	AÑOS 2021	AÑOS 2022	AÑOS 2023	AÑOS 2024	AÑOS 2025
<b>Activo</b>						
Efectivo	\$ (210,016,009.00)	\$ (72,330,303.36)	\$ 228,746,211.97	\$ 672,317,670.67	\$ 1,087,292,918.11	\$ 1,611,257,832.84
Cuentas X Cobrar		\$ 117,865,464.87	\$ 144,216,587.70	\$ 193,970,252.75	\$ 193,970,252.75	\$ 193,970,252.75
Inventarios Producto Terminado		\$ 36,247,913.56	\$ 44,662,396.96	\$ 61,280,316.32	\$ 61,280,316.32	\$ 61,280,316.32
Gastos Anticipados	\$ 194,353,808.00	\$ 145,765,356.00	\$ 97,176,904.00	\$ 48,588,452.00	\$ -	\$ -
<b>Total Activo Corriente:</b>	\$ (15,662,201.00)	\$ 227,548,431.07	\$ 514,802,100.64	\$ 976,156,691.74	\$ 1,342,543,487.18	\$ 1,866,508,401.91
Canastillas	\$ 30,000,000.00	\$ 24,000,000.00	\$ 18,000,000.00	\$ 12,000,000.00	\$ 6,000,000.00	\$ -
Flexibuster	\$ 466,662,201.00	\$ 419,995,980.90	\$ 373,329,760.80	\$ 326,663,540.70	\$ 279,997,320.60	\$ 233,331,100.50
Equipos de cómputo e insumos	\$ 6,000,000.00	\$ 4,800,000.00	\$ 3,600,000.00	\$ 2,400,000.00	\$ 1,200,000.00	\$ -
Set de Limpieza bomba centrífuga, set de mangueras, canecas de disposición	\$ 5,000,000.00	\$ 4,000,000.00	\$ 3,000,000.00	\$ 2,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ -
Licencia de programas contables y programas de computo	\$ 2,000,000.00	\$ 1,600,000.00	\$ 1,200,000.00	\$ 800,000.00	\$ 400,000.00	\$ -
Set de herramientas básicas	\$ 3,000,000.00	\$ 2,400,000.00	\$ 1,800,000.00	\$ 1,200,000.00	\$ 600,000.00	\$ -
CCTV	\$ 3,000,000.00	\$ 2,400,000.00	\$ 1,800,000.00	\$ 1,200,000.00	\$ 600,000.00	\$ -
<b>Total Activos Fijos:</b>	\$ 515,662,201.00	\$ 459,195,980.90	\$ 402,729,760.80	\$ 346,263,540.70	\$ 289,797,320.60	\$ 233,331,100.50
<b>ACTIVO</b>	\$ 500,000,000	\$ 686,744,412	\$ 917,531,861	\$ 1,322,420,232	\$ 1,632,340,808	\$ 2,099,839,502
<b>Pasivo</b>						
Cuentas X Pagar Proveedores		\$ 24,165,276	\$ 29,774,931	\$ 40,853,544	\$ 40,853,544	\$ 40,853,544
Impuestos X Pagar		\$ 65,677,953	133,982,747	217,871,930	224,426,990	228,335,476
Acreedores Varios						
Obligaciones Financieras	\$ 500,000,000	\$ 399,867,324	\$ 284,714,747	\$ 152,289,283	\$ 0	\$ 0
<b>PASIVO</b>	\$ 500,000,000	489,710,553	448,472,425	411,014,757	265,280,534	269,189,020
<b>Patrimonio</b>						
<b>Capital Social</b>						
Utilidades Retenidas			197,033,859	469,059,436	911,405,475	1,367,060,273
<b>Utilidades del Ejercicio</b>		197,033,859	272,025,577	442,346,039	455,654,798	463,590,209
<b>PATRIMONIO</b>	\$ 0	\$ 197,033,859	\$ 469,059,436	\$ 911,405,475	\$ 1,367,060,273	\$ 1,830,650,482
<b>PASIVO + PATRIMONIO</b>	\$ 500,000,000	\$ 686,744,412	\$ 917,531,861	\$ 1,322,420,232	\$ 1,632,340,808	\$ 2,099,839,502

Fuente: Autores

#### **4.4.5 Modelo probabilístico. Valor presente Neto y Tasa interna de retorno**

Dentro de un estudio de factibilidad, el factor riesgo y la variabilidad de los parámetros de entrada permite evidenciar probabilidades más certeras respecto a la rentabilidad y su riesgo asociado en donde los inversionistas deciden si lo asumen o no.

Mediante la simulación Montecarlo en el simulador @RISK, se empleó un tipo de muestreo latino Hipercúbico en la evaluación del caso de la generación de energía y subproductos a partir de residuos empleando la tecnología Flexibuster. Se analizó las incertidumbres presentadas por la variación de condiciones del mercado definidas como variables de entrada y sus impactos en las variables de salida definidas como trascendentes para la toma de decisiones de inversión en un ambiente de riesgo. El escenario tuvo un total de 5000 iteraciones con 17 variables de entrada resumidas en las próximas tablas con 2 variables de salida, el VAN y TIR.

Las variables de entrada definen las varianzas de ciertas variables y su impacto sobre los valores de salida que ayudan en la toma de decisiones buscando brindar una respuesta al riesgo que presenta la variación de las condiciones externas e internas en la rentabilidad del proyecto.

Factores externos:

- Condiciones del mercado
- Variables macroeconómicas

Factores internos:

- Políticas internas definidas para el proyecto
- Eficiencia del equipo
- Fuerza de ventas

Estos cálculos son realizados sobre el flujo de caja donde se tuvieron las siguientes consideraciones:

- Los cálculos estáticos para el ingreso de biomasa a la planta fueron estimados con 2 toneladas diarias a procesar, sin embargo, estos valores tuvieron una reducción en 50%, 60%, 80% 85% y 85% para los años 2021, 2022, 2023, 2024 y 2025, respectivamente, esto de acuerdo a la posibilidad de establecer una intrusión al mercado y consolidación del mismo, porque aunque la planta en términos de capacidad puede procesar hasta 3 toneladas, la cadena de suministro debe cerrar el ciclo con las ventas y siendo este un factor bastante sensible en mercados tradicionales, el market share debe ganarse poco a poco definido en las metas por lo cual, se intenta que estos porcentajes representen este incremento paulatino en ventas a fin de evitar generar material que pueda deteriorarse y afecte directamente los inventarios o en el peor de los casos genere producto para pérdidas. Este factor directamente se relaciona con las salidas de subproductos como son energía y producción de fertilizantes, ajustándose a estos mismos valores porcentuales.
- En el caso de los fertilizantes y la electricidad generada, se definieron estas entradas con una varianza de tipo triangular y PERT beta, respectivamente que reflejan un rango de trabajo.
- Porcentajes de los insumos requeridos para acondicionamiento de las características de los fertilizantes. Se empleó el método estadístico PERT con una variación entre el 6% y el 14% como valores máximos y mínimos y un valor de media de 10%.

- Cantidad de energía y fertilizante generado. Estos valores fueron tomados de acuerdo con un factor de eficiencia del equipo y/o disponibilidad de materia prima para procesar y producir estos dos subproductos.
- Otro factor es el costo del recurso humano. La variación incremental en los salarios y costos asociados al uso de este recurso. Se emplearon técnicas estadísticas uniformes y triangulares.
- Precio de los fertilizantes. Se incluyó una variación porcentual en el precio de venta de los fertilizantes ya que esta variable impacta entre el 80%-90% de los ingresos. Depende directamente de las propiedades y calidad del fertilizante producido. Dentro del mercado de acondicionadores de suelo entre los que se encuentran el fertilizante, hay una gran variedad en tipos y así mismo, en precios asociados a ciertas características específicas.

**Tabla 28. Variables de Entrada y métodos de varianza**

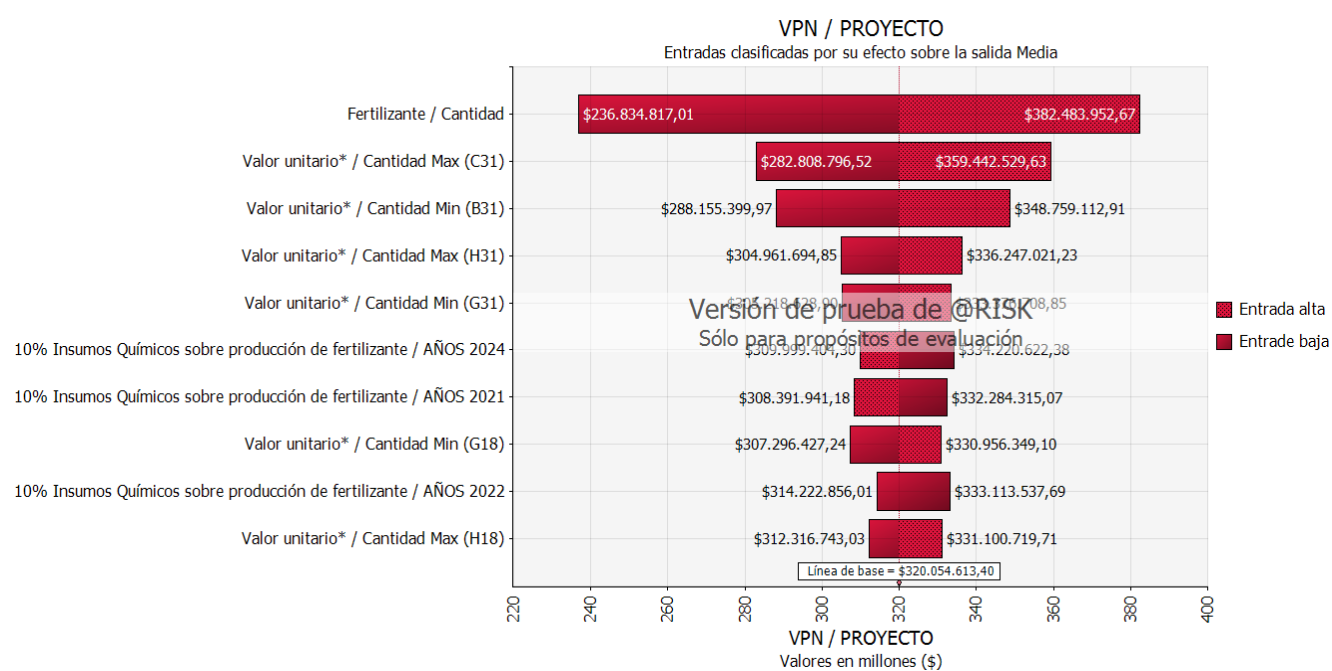
Nombre	Hoja de cálculo Celda	Gráfico	Min	Media	Máx	5%	95%		
<b>Categoría: 10% Insumos Químicos sobre producción de fertilizante</b>									
10% Insumos Químicos sobre producción de fertilizante / AÑOS 2021	PROYECCION FLUJO DE CAJA	D53		6%	10%	14%	8%	12%	
10% Insumos Químicos sobre producción de fertilizante / AÑOS 2022	PROYECCION FLUJO DE CAJA	E53		6%	10%	14%	8%	12%	
10% Insumos Químicos sobre producción de fertilizante / AÑOS 2023	PROYECCION FLUJO DE CAJA	F53		5%	10%	14%	8%	12%	
10% Insumos Químicos sobre producción de fertilizante / AÑOS 2024	PROYECCION FLUJO DE CAJA	G53		6%	10%	14%	8%	12%	
10% Insumos Químicos sobre producción de fertilizante / AÑOS 2025	PROYECCION FLUJO DE CAJA	H53		6%	10%	14%	8%	12%	
<b>Categoría: Electricidad generada</b>									
Electricidad generada / Cantidad	Ingreso. Energía	B4		730	744	802	820	776	818
<b>Categoría: Fertilizante</b>									
Fertilizante / Cantidad	Ingreso. Energía	B10		1,45	1.496	1.618	1.699	1.535	1.680
<b>Categoría: Supervisor</b>									
Supervisor / COP/mes	Costos Personal - EPP	D7		760.000	765,032	857,500	949,998	774,239	940,721
Supervisor / Cop/Mes	Costos Personal - EPP	G7		52.000	54,062	60,000	65,922	55,896	64,099
<b>Categoría: Trabajador</b>									
Trabajador / COP/mes	Costos Personal - EPP	D6		0,70m	720,028	860,000	999,966	733,958	985,967
Trabajador / Cop/Mes	Costos Personal - EPP	G6		50.000	54,033	71,333	99,831	57,711	90,395
<b>Categoría: Valor unitario*</b>									
Valor unitario* / Cantidad Min	Ingreso. Fertilizante	B31		85.000	\$ 90,183	\$ 100,000	\$ 109,850	\$ 93,156	\$ 106,838
Valor unitario* / Cantidad Max	Ingreso. Fertilizante	C31		105.000	\$ 108,135	\$ 120,000	\$ 131,780	\$ 111,790	\$ 128,199
Valor unitario* / Cantidad Min	Ingreso. Fertilizante	G18		85.000	\$ 90,172	\$ 100,000	\$ 109,932	\$ 93,162	\$ 106,835
Valor unitario* / Cantidad Min	Ingreso. Fertilizante	G31		85.000	\$ 90,043	\$ 100,000	\$ 109,801	\$ 93,157	\$ 106,837
Valor unitario* / Cantidad Max	Ingreso. Fertilizante	H18		105.000	\$ 108,208	\$ 120,000	\$ 131,827	\$ 111,791	\$ 128,201
Valor unitario* / Cantidad Max	Ingreso. Fertilizante	H31		105.000	\$ 108,167	\$ 120,000	\$ 131,874	\$ 111,791	\$ 128,205

Fuente: Autores. (simulaciones con @Risk)

Para el cálculo del valor presente neto y la tasa interna de retorno es necesario conocer los flujos de dinero que se tendrán durante cierto periodo. El VAN es un indicador que forma parte del análisis beneficio costo, donde básicamente se verifica si los beneficios de una inversión

compensan los costos, es decir el VAN es un indicador que muestra la riqueza adicional o creación de valor reflejado en rentabilidad que genera un proyecto luego de cubrir todos sus costos en un horizonte determinado de tiempo, desde el punto de vista matemático el VAN acumula los beneficios y costos en el periodo cero. (Valencia, 2011).

El resultado de la simulación Montecarlo se presenta a continuación en una gráfica tornado de correlación:



**Figura 18. Simulación Montecarlo y el resultado del VPN**

Fuente: Autores

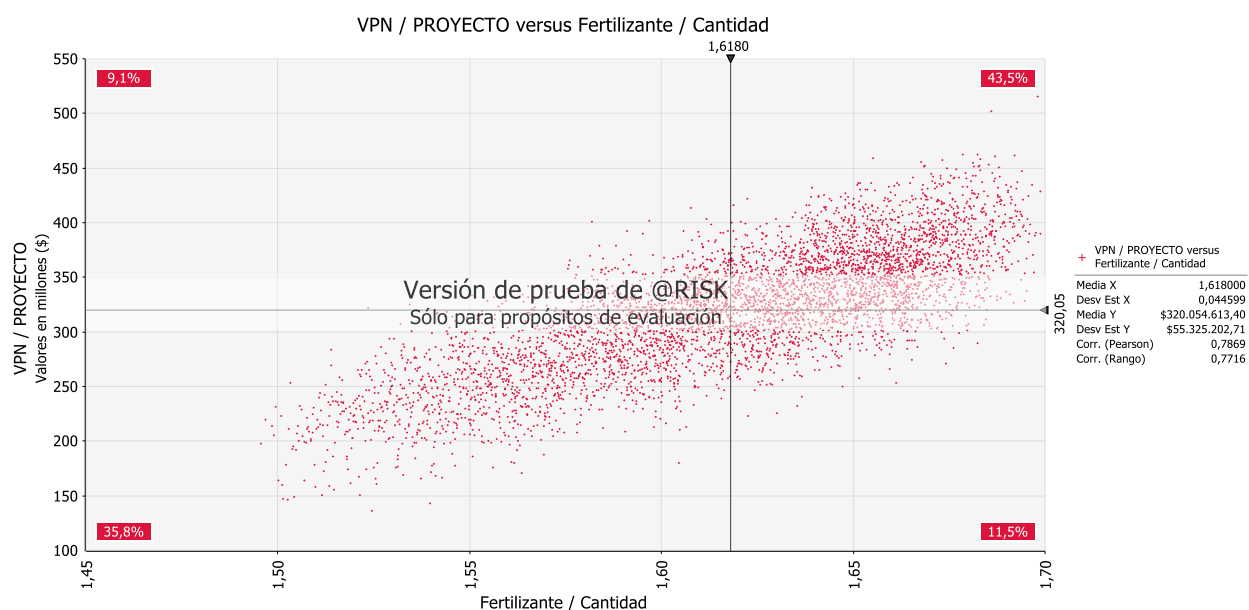
De la gráfica anterior se puede concluir que el factor mas relevante en que afecta de forma directa el VPN es la cantidad de fertilizante producido, presentando una correlación directa sobre el VPN con un valor mínimo de 136 millones en el peor escenario y un valor máximo de 515 millones. En las siguientes gráfica y tabla se puede observar la correlación directa entre esta variable de entrada y su impacto en la variable VPN.



**Tabla 29. Tabla resumen de valores probables del VPN.**

Nombre	Gráfico	Mín	Media	Máx	5%	95%
VPN / PROYECTO		\$136,171,500.00	\$320,054,600.00	\$515,588,900.00	\$224,402,400.00	\$406,726,800.00

Fuente: Autores

**Figura 19. Diagrama de distribución. Cantidad de fertilizante y VPN**

Fuente: Autores

La tasa interna de retorno es el otro indicador de la factibilidad de la tecnología pues representa, en la interpretación tradicional de las tasas de interés, la tasa de interés ganada por una inversión alternativa sobre el saldo no recuperado de una inversión. (Medina & Pérez, 2013)

Se tomarán 5 años como muestra para validar si la puesta en marcha de esta tecnología trae los beneficios económicos para que se convierta en una nueva unidad de negocio para Centro Abastos y las principales plazas de mercado del área metropolitana de Bucaramanga. Para los cálculos se tomó una tasa de descuento del 18% tomando como supuesto que los recursos que se destinarían serían propios en una porción y mediante financiación.

$$VPN = A_0 + \frac{A_1}{1+t} + \frac{A_2}{(1+t)^2} + \frac{A_3}{(1+t)^3} + \frac{A_4}{(1+t)^4} + \frac{A_5}{(1+t)^5}$$

$$VPN = -258.604.461 + \frac{103.786.935}{1+0,18} + \dots + \frac{555.404.068}{(1+0,18)^5}$$

$$VPN = \$379.909.863,44$$

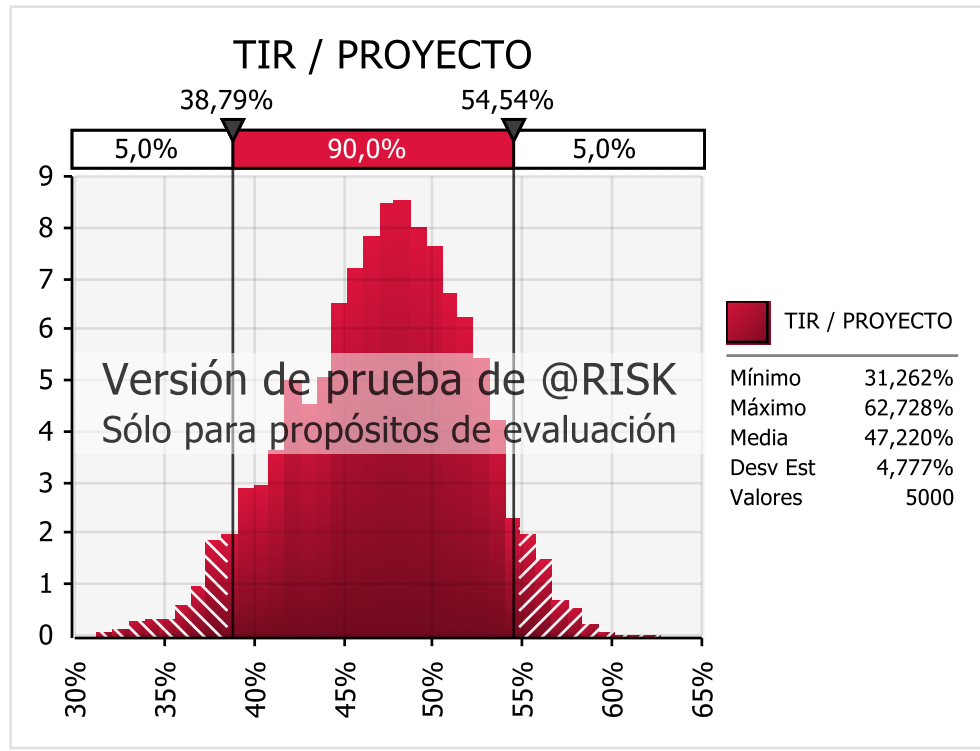
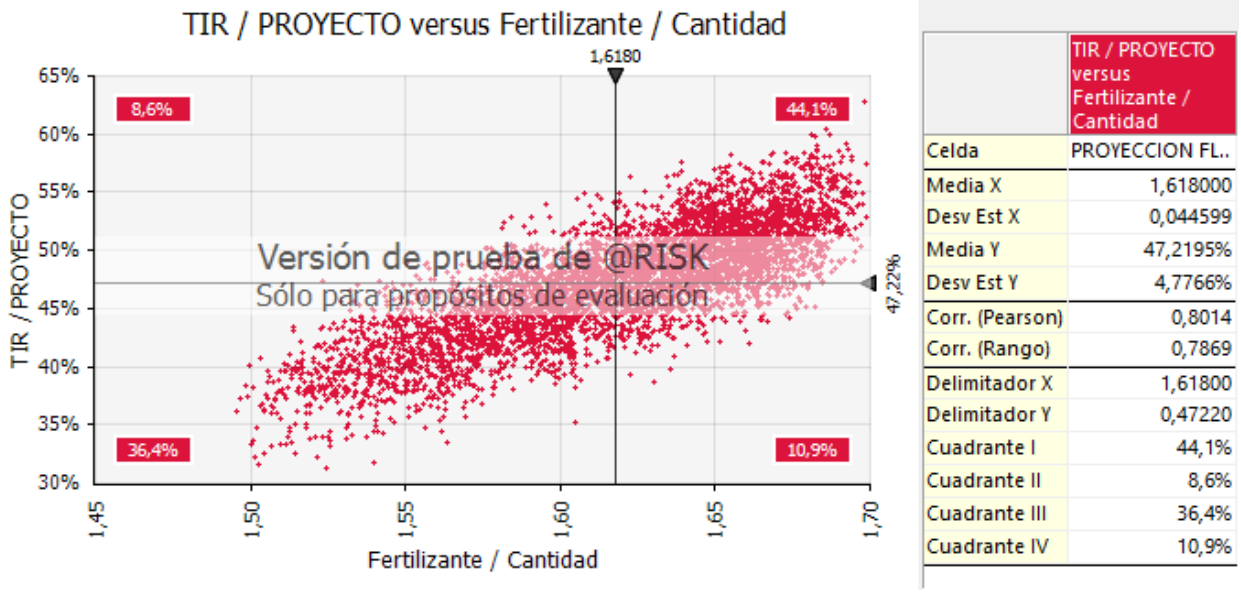
$$TIR = \sum_{T=0}^N \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$$

**Tabla 30. Estado de flujo de caja para evaluación tecnología Flexibuster™ (en COP)**

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>(=) UTILIDAD OPERACIONAL</b>		291,384,663	419,258,648	660,507,257	830,001,153	829,695,027
(-) Intereses – Financiación		(64,000,504)	(48,980,603)	(31,707,716)	(11,843,896)	-
<b>(=) UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS – UAI</b>		227,384,159	370,278,045	628,799,541	818,157,257	829,695,027
TASA DE IMPUESTO (33%)		33% (25%)	33%	33%	33%	33%
IMPUESTOS		56,277,579.36	122,191,754.88	207,503,848.43	269,991,894.78	273,799,358.85
<b>(=) UTILIDAD NETA</b>		170,538,119	248,086,290	421,295,692	548,165,362	555,895,668
(+) Depreciación de Equipos + Amortización gastos iniciales		105,054,672	105,054,672	105,054,672	105,054,672	56,466,220
(+) Abono a Capital		(100,132,676)	(115,152,577)	(132,425,464)	(152,289,283)	
<b>(=) FLUJO DE CAJA BRUTO</b>		175,460,116	237,988,385	393,924,901	500,930,751	612,361,888
KTNO	60,000,000	129,910,516	159,057,294	212,925,942	247,743,718	248,235,318
(-) Variación del KTNO		69,910,516	29,146,778	53,868,648	34,817,776	491,600
(-) Inversión de CAPEX	\$ (720,660,861.00)	105,054,672	105,054,672	105,054,672	105,054,672	56,466,220
(-) Inversión en costos Pre Inicio	\$ (37,943,600.00)					
(+) Desembolso del crédito	\$ 500,000,000.00					
<b>(=) FLUJO DE CAJA LIBRE</b>	\$(258,604,461.00)	494,928	103,786,935	235,001,581	361,058,303	555,404,068

Fuente: Autores

Empleando la simulación Montecarlo, se obtuvieron los siguientes resultados.




**Figura 20. Diagrama porcentual. TIR**

Fuente: Autores (simulación @Risk)

En la gráfica anterior se puede observar que incluso con la varianza en las variables de entrada, la TIR en un 90% de probabilidad se mantendrá en un rango entre el 40 y el 55% a una

tasa de descuento del 18%, representando valor favorable para inversión comparado con el sector y sustentado en los valores positivos obtenidos para las opciones del VPN.

**Tabla 31. Tabla resumen de valores probables de la TIR.**

Nombre	Gráfico	Mín	Media	Máx	5%	95%
TIR / PROYECTO		31%	47%	63%	39%	55%

Fuente: Autores

Así mismo en la siguiente tabla se pueden analizar los rangos de variabilidad de las variables en el orden jerárquico de impacto sobre la variable de salida TIR.

**Tabla 32. Estadística de salida de TIR**

Cambio en la estadística de salida de TIR / PROYECTO			
Jerarquía	Nombre	Inferior	Superior
1	Fertilizante / Cantidad	40%	53%
2	Valor unitario* / Cantidad Max	45%	50%
3	Valor unitario* / Cantidad Min	45%	49%
4	Valor unitario* / Cantidad Max	45%	49%
5	Valor unitario* / Cantidad Min	45%	49%
6	10% Insumos Químicos sobre producción de fertilizante / AÑOS 2021	46%	49%
7	Valor unitario* / Cantidad Min (G18)	46%	48%
8	Valor unitario* / Cantidad Max (H18)	46%	48%
9	10% Insumos Químicos sobre producción de fertilizante / AÑOS 2022	47%	49%
10	10% Insumos Químicos sobre producción de fertilizante / AÑOS 2024	46%	48%

Fuente: Autores

De acuerdo con la fórmula anterior se tiene que la tasa interna de retorno es del 49% para los cinco años de estudio. El valor de la TIR obtenido demuestra que el proyecto es factible de realizar puesto que, con la venta de energía y fertilizantes, se logra recuperar la inversión de esta instalación, incluso tomando precios de venta más asequibles, se puede recuperar la inversión, debido a que en Colombia son precisamente los fertilizantes, uno de los insumos más costosos

dentro de la agricultura. En resumen, el proyecto resulta beneficioso por la venta de fertilizantes, esto se debe a que el precio actual en Colombia de los fertilizantes es muy elevado en comparación con otros países alcanzando precios mayoristas del 25%-35% al 45% para minoristas, haciendo que el costo se eleve (Suarez, 2013). Como se ha mencionado, con la implementación de esta tecnología se puede lograr tener fertilizantes con precios que sean de mejor alcance para los agricultores.

## Capítulo 5. Conclusiones

- La producción de subproductos como energía y fertilizantes a partir de residuos orgánicos permitió conocer aquellos sectores donde hay un mercado potencial para implementar tecnología WTE Flexibuster™ y aunque se requiere una inversión de capital alrededor de \$700.000.000 teniendo la disponibilidad de los recursos, existe un modelo de negocio de economía circular aplicable en Bucaramanga y su área metropolitana representado con valores de VPN positivos incluso en los peores escenarios y valores TIR por encima del 40% en una probabilidad del 90%.
- Otro factor no tenido en cuenta en el presente estudio pero que puede resultar como un desarrollo de ampliación de la planta WTE, es el aprovechamiento de la energía calórica ya sea para generación de energía mediante la implementación de una turbina de gas que cubra la inversión y genere mayor ingreso para el negocio o en algún subproceso donde se requiera energía en forma de calor. Sin embargo, este factor no hace parte del presente estudio.
- El valor calculado en este estudio contempla una operatividad del equipo entre el 50% y el 80% representado una mayor posibilidad de rentabilidad aumentando la operatividad del sistema a valores cercanos a su límite de eficiencia máximo si se dispone de la materia prima que para este caso corresponde a la biomasa de alimentación de la tecnología WTE.
- El desperdicio en los centros de abastecimiento de alimentos perecederos es una fuente de recursos importante pues en la actualidad, estos no se alcanzan un porcentaje de aprovechamiento superior a 20%, abriendo paso a posibilidades de implementación y explotación de variedad de tecnologías WTE, las cuales se focalizan en el uso de la biomasa como el recurso de ingreso de este tipo de tecnologías.

- La reducción en la disposición de residuos en las empresas de aseo es un indicador que genera una ventaja competitiva para los comercializadores de productos agrícolas y puede ser un rubro de negociación con el generador para aprovecharse como un ingreso que, aunque sea un valor casi despreciable en el desarrollo de la actividad de Flexibuster™ comparado con la venta de energía y fertilizantes, garantizaría un vínculo comercial con el generador y asegura la continuidad en abastecimiento de la materia prima para la operación.
- La tecnología Flexibuster, permite que haya una reducción en el pago por el consumo de la energía eléctrica, sin generar costos adicionales por su uso, pues esta misma se autoalimenta con la que produce y adicional, el 90% restante permite para abastecer otras fuentes cercanas.
- La puesta en marcha de tecnologías ambientales como Flexibuster™, es una estrategia de innovación que genera ventaja competitiva por el máximo aprovechamiento de los recursos que en la etapa del proceso para quien comercializa son un residuo donde su disposición y uso genera un gasto, pero que para la tecnología, hace parte fundamental del inicio de la etapa de productividad donde se le aporta valor comercial a este residuo generando ingresos mediante la producción y comercialización de los subproductos como energía y fertilizantes, siendo muy bien remunerados comercialmente en el mercado.
- La confianza en los subproductos energía y fertilizantes basados en los reconocimientos internacionales de la tecnología y su compromiso por la protección del medio ambiente, permite reducción de generación de residuos en estos lugares de comercialización de productos agro para evitar ser llevados a rellenos sanitarios a punto de colapso como en el caso del Carrasco y/u otras fuentes naturales donde se pueda producir afectación a los ecosistemas por contaminación cuando su proceso de disposición no se realiza

correctamente. El total de capacidad de procesamiento de la planta Flexibuster está declarado por los fabricantes entre 1 y 3 toneladas por día.

- La preocupación de los diferentes países debido a la contaminación ambiental que se está viviendo y por la disminución de los recursos naturales, ha hecho que se tomen medidas que incentiven a los diversos agentes que hacen parte de una nación a la protección del medio ambiente, para garantizar que se tengan óptimas condiciones para vivir en este entorno.
- Las políticas del gobierno colombiano en materia ambiental están dando oportunidades de desarrollo a inversiones en tecnologías ambientales como una estrategia de negocio con beneficios económicos y aportando a la preservación del medio ambiente, todo esto con el beneficio del 25% en deducción por impuestos, cuando se realiza este tipo de inversión.
- En el estudio se evidenció que la disponibilidad en exceso del recurso de insumo que para el caso de estudio corresponde a la biomasa de origen agrícola. La implementación de este tipo de tecnología WTE genera beneficios económicos factibles para su implementación analizados en la simulación Montecarlo en diversos escenarios obteniendo valores de TIR superiores a 40% por encima del costo de capital y valores de VPN positivos descontados a un costo de capital del 18%.
- Los estudios alrededor del aprovechamiento de los residuos orgánicos apuntan como principal producción la energía eléctrica, sin embargo, en el desarrollo del proyecto se evidencia que el mayor aporte por ingresos se obtiene a partir de la comercialización de fertilizantes, el cual hace parte de los tres tipos de subproductos resultantes del proceso junto a la energía calórica y eléctrica.



- Las tecnologías ambientales son poco atractivas en el mercado colombiano debido a que estas no son producidas en el país y el trámite para adoptarla en Colombia es más dispendioso que el beneficio mismo que pueda generar.
- Las estrategias ambientales en el mundo no sólo deben ser incentivadas por medio de los beneficios económicos o estatutarios que estos puedan llegar a tener, también deben promocionarse en función de la protección del medio ambiente pues de este depende la existencia de todos los recursos y seres que hacen posible la existencia en el planeta.

## Capítulo 6. Recomendaciones

- Inicialmente el estudio apuntaba la tecnología WTE Flexibuster como fuente generadora de energía eléctrica como principal insumo, que si bien demostró que se tiene un ahorro significativo en este recurso puede alcanzar alrededor de \$80.000.000/año con operatividad del sistema al 90%, se evidenció que el principal beneficio es la obtención de fertilizantes líquidos, siendo un mercado potencial, dada la gran cantidad de productos agrícolas que produce y la volatilidad de los precios que está ligada a factores como tasas de cambio, costos arancelarios, entre otros factores.
- La diversidad en las características de la tierra fértil que hay en todo el país hace que la producción de fertilizantes sea esencial especialmente por el elevado costo que este implica para los agricultores debido a que la materia prima para su generación, su mayor parte es importada, haciendo que el producto sea más costoso de producir y por ende de comercializar siendo necesaria la implementación de esta tecnología para producir estos insumo que es de gran relevancia para los cultivos.
- La revisión de las propiedades del fertilizante líquido que se produce en la tecnología Flexibuster™ es importante y verificar de qué manera la combinación de ciertos residuos orgánicos contribuiría a la producción de fertilizantes líquidos con determinadas características que sirvan a ciertos cultivos específicos, que para este caso el componente que está más presente es el Nitrógeno siendo uno de los más importantes puesto que es uno de los macronutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de cualquier cultivo.

## Capítulo 7. Referencias

- Administración Municipal de Piedecuesta-Santander. (2015). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos*.
- Aguilar, C. A., & Blanco, J. E. (2016). *Estudio de Prefactibilidad para Generación de Energía Eléctrica Aprovechando la Biomasa Depositada en el Relleno Sanitario El Carrasco Teniendo en Cuenta las Especificaciones de la Energía Transportar*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Obtenido de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/163413.pdf>
- Alcaldía de Bucaramanga. (2015). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS 2016-2027*.
- Alcaldía Municipal de Floridablanca. (2014). *Actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Municipio de Floridablanca*.
- Alcaldía Municipal de Piedecuesta. (2015). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos*.
- Álvarez, C. A., & Peralta, J. P. (2016). *Vigilancia tecnológica de digestión anaerobia en Colombia mediante el uso de software bibliométrico especializado*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Aristizábal, B. H., Vanegas, E., Mariscal, J. P., & M. A. (2015). Digestión anaerobia de residuos de poda como alternativa para disminuir emisiones de gases de efecto invernadero en rellenos sanitarios. *Revista Energética*, 28-36. Obtenido de <http://eprints.whiterose.ac.uk/95557/1/51305-283593-1-PB.pdf>
- Astrup, T., Tonini, F., Turconi, D., & Boldrin, R. (2014). Life cycle assessment of thermal waste-to-energy technologies: review and recommendations. *Waste management*, 104-115.
- Bitar, S. M., & Chamas, F. (2017). *Estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía en el sector industrial de Colombia*. Bogotá: Colegio de Estudios Superiores de Administración –CESA.
- Bolívar, P., & Hernández, S. (2013). *Análisis de viabilidad de la utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica en la sede de la Universidad de La Salle*. Bogotá: Universidad de La Salle. Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co/>
- Cadavid, L. S., & Bolaños, I. V. (2015). Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana. *Revista Energética*, 23-28. Obtenido de [https://revistas.unal.edu.co/index.php/energetica/article/view/46142/n46\\_a3\\_46142](https://revistas.unal.edu.co/index.php/energetica/article/view/46142/n46_a3_46142)
- Castro, W. (2014). *Estudio de factibilidad para la creación de una planta procesadora de residuos orgánicos (biofabrica de abono) en el municipio de San Vicente de Chucuri – Santander*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

- Centro Abasto. (2016). *Informe de gestión*. Bucaramanga.
- Cerdá, E. (2018). *Energía obtenida a partir de biomasa\**. Obtenido de [http://www.revistasice.com/CachePDF/CICE\\_83\\_117-140\\_\\_78E2E154C2BB213409D09C083013930C.pdf](http://www.revistasice.com/CachePDF/CICE_83_117-140__78E2E154C2BB213409D09C083013930C.pdf)
- Chamy, R., & Vivanco, E. (2008). *Identificación y clasificación de los distintos tipos de biomasa disponibles en Chile para la generación de gas*. Santiago de Chile: CNE/GTZ.
- Congreso de la República. (1974). *Decreto 2811 de 1974*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>
- Congreso de la República. (1993). *Ley 99 de 1993*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>
- Congreso de la República. (2018). *Constitución Política de la República de Colombia*. Obtenido de [http://www.oas.org/dsd/EnvironmentLaw/Serviciosambientales/Colombia/\(Microsoft%20Word%20-%20Constituci.pdf](http://www.oas.org/dsd/EnvironmentLaw/Serviciosambientales/Colombia/(Microsoft%20Word%20-%20Constituci.pdf)
- CONPES. (2018). *Política de Crecimiento Verde*. Bogotá: Consejo Nacional de Política Económica y Social.
- DANE. (2018). *Cuenta Ambiental y Económica de Flujo de Materiales – Residuos Sólidos 2012-2016 Provisional*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- Díaz, M. C., Espitia, S. E., & Molina, F. (2002). *Digestión anaerobia una aproximación a la tecnología*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de [http://www.bdigital.unal.edu.co/43178/2/9587011961\\_Parte%201.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/43178/2/9587011961_Parte%201.pdf)
- DNP. (2016). *En Colombia más de la tercera parte de la comida termina en la basura*. Departamento Nacional de Planeación.
- DNP. (2016). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en Colombia-Estudio de la dirección de seguimiento y evaluación de políticas públicas*. Recuperado el 13 de Abril de 2019, de [https://mrv.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida\\_y\\_Desperdicio\\_de\\_Alimentos\\_en\\_colombia.pdf](https://mrv.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida_y_Desperdicio_de_Alimentos_en_colombia.pdf)
- DNP. (2017). *Disposición Final de Residuos Sólidos. Informe Nacional-2016*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación. Obtenido de <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/SSPD%20Publicaciones/Publicaciones/2018/Oct/informenacional2016disposicionfinalderesiduossolidos1.pdf>
- Enersinc. (2018c). *Green Growth Policy Proposals*.
- Escalante, H., & Orduz, J. (2010). Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia. *Ediciones UIS*, 131-135.

- ESSA. (2019). *Tarifas ESSA 2019-04*. Recuperado el 13 de Abril de 2019, de [http://www.essa.com.co/site/Portals/14/Docs/Tarifas/TARIFAS\\_2019/Tarifa\\_ESSA\\_201904.pdf](http://www.essa.com.co/site/Portals/14/Docs/Tarifas/TARIFAS_2019/Tarifa_ESSA_201904.pdf)
- FAO. (2014). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 13 de Abril de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-i3942s.pdf>
- FAO. (2015). *Los fertilizantes y su uso*. Recuperado el 13 de Abril de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Franco, L., Meza, M., & Almeira, J. (2018). Situación de la disposición final de residuos sólidos en el Área Metropolitana de Bucaramanga: caso relleno sanitario El Carrasco (revisión). *AVANCES: Investigación en Ingeniería*, 15(1), 180-193.
- Galán, X. (2016). *Potencial energético de la biomasa residual agrícola en Colombia*. Bogotá: Universidad America.
- González, J., & Rondón, J. (2012). *Caracterización fisicoquímica de biomasa agrícola representativa en Santander: papa, yuca, mora, papaya, cebolla junca*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- González, J., & Zamorano, J. (2017). *Aplicación de tecnologías WTE en el tratamiento de los residuos municipales en España: una herramienta imprescindible en la implementación e la economía circular*. Santander, España: VII Simposio Iberoamericano en Ingeniería de Residuos. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/319748386\\_APLICACION\\_DE\\_TECNOLOGIAS\\_WtE\\_EN\\_EL\\_TRATAMIENTO\\_DE\\_LOS\\_RESIDUOS MUNICIPALES\\_EN\\_ESPANA\\_UNA\\_HERRAMIENTA\\_IMPRESINDIBLE\\_EN\\_LA\\_IMPLEMENTACION\\_DE\\_LA\\_ECONOMIA\\_CIRCULAR](https://www.researchgate.net/publication/319748386_APLICACION_DE_TECNOLOGIAS_WtE_EN_EL_TRATAMIENTO_DE_LOS_RESIDUOS MUNICIPALES_EN_ESPANA_UNA_HERRAMIENTA_IMPRESINDIBLE_EN_LA_IMPLEMENTACION_DE_LA_ECONOMIA_CIRCULAR)
- Grass, B. (2013). *Evaluación y diseño para la implementación de una planta de biogás a partir de residuo orgánicos agroindustriales en la región metropolitana*. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/>
- Guerrero, R., & Shephard, L. (2017). Waste-to-energy. In *Lecture Notes in Energy*. Springer Verlag., 301-322. Obtenido de [https://doi.org/10.1007/978-3-319-52311-8\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-52311-8_12)
- Haladova, D., & Pecen, J. (2011). Selection of optimal anaerobic digestion technology for family sized farm use – case study of southwest Madagascar. *Agricultura tropica et subtropica*, 127-133.
- ICA. (2017). *Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos año 2016*. Recuperado el 13 de Abril de 2019, de [https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/fertilizantes-y-bio-insumos-agricolas/cartilla-fertilizantes-2016\\_24-01-18.aspx](https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/fertilizantes-y-bio-insumos-agricolas/cartilla-fertilizantes-2016_24-01-18.aspx)
- Idae. (2007). *Biomasa Gasificación*. Madrid: Instituto de para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Obtenido de

[https://www.idae.es/sites/default/files/publications/online/31/biomasa%20gasificacion\\_of\\_files/pdfs/biomasa-gasificacion.pdf](https://www.idae.es/sites/default/files/publications/online/31/biomasa%20gasificacion_of_files/pdfs/biomasa-gasificacion.pdf)

- ISUSA. (2016). *Ficha técnica N30 Fertilizante líquido nitrogenado*. Recuperado el 13 de Abril de 2019, de <http://isusa.com.uy/files/2016-01/ficha-t-cnica-n-30.pdf>
- Jahirul, M. I., Rasul, M. G., Chowdhury, A. A., & 1, N. A. (2012). Biofuels Production through Biomass Pyrolysis —A Technological Review. *Energies*, 4952-5001. Obtenido de <file:///C:/Users/kadil/Downloads/energies-05-04952.pdf>
- López, G. (2003). Biodigestión anaerobia de residuos sólidos urbanos. *Revista Udistrital*, 31-43.
- Lupiáñez, L., Priede, T., & López, C. (2014). *El emprendimiento como motor del crecimiento económico*. Obtenido de [http://www.revistasice.com/cachepdf/bice\\_3048\\_55\\_\\_24385f894c3ef154d0382ebb24b0889d.pdf](http://www.revistasice.com/cachepdf/bice_3048_55__24385f894c3ef154d0382ebb24b0889d.pdf)
- Medina, J., & Pérez, G. (2013). Propuesta para el uso exclusivo de la tasa interna de retorno modificada en la toma de decisión de proyectos industriales de inversión. *Nexo Revista Científica*, 26(2), 83-87.
- Mesa, J. (2013). *Evaluación financiera de proyectos*. Bogotá: Editorial Buena Semilla.
- Motta, L., & Pinzón, A. (2011). *Evaluación de la viabilidad financiera del aprovechamiento de los residuos orgánicos producidos en Centroabastos S.A. para la generación de energía y compostaje para la empresa INCOM LTDA*. Bucarmanga: Universidad de la Sabana.
- NEIA. (2015). *Waste Management Equipment*. Recuperado el 13 de Abril de 2019, de [http://neia.org/wp-content/uploads/2015/10/03-Candice-Way-CWAY\\_Mobile-AD\\_NEIA-2015\\_v2.pdf](http://neia.org/wp-content/uploads/2015/10/03-Candice-Way-CWAY_Mobile-AD_NEIA-2015_v2.pdf)
- Seab Energy. (2016). *Muckbuster ® & Flexibuster™*. Obtenido de Ecoservice UK: [http://www.ecoserviceuk.co.uk/PDF/muckbuster\\_pesentation.pdf](http://www.ecoserviceuk.co.uk/PDF/muckbuster_pesentation.pdf)
- Seab Energy. (2018). *FAQ'S*. Recuperado el 13 de Abril de 2019, de <https://seabenergy.com/products/mb400-faqs/>
- Siles, F. A. (2012). *Generación de Energía Eléctrica a partir de producción de Biogás*. México D.F: Instituto Politécnico Nacional. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10549/136.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Solarimpulse. (2018). *Flexibuster™*. Recuperado el 5 de Abril de 2019, de <https://solarimpulse.com/efficient-solutions/flexibuster>
- Stringfellow, T. (2014). *An Independent Engineering Evaluation of Waste-to-Energy Technologies*. Renewable Energy World.

- Suarez, A. (19 de Agosto de 2013). *Colombia, campeón mundial en precio de fertilizantes*. Obtenido de El Espectador: <https://www.elespectador.com/noticias/nacional/colombia-campeon-mundial-precio-de-fertilizantes-articulo-440962>
- Su-Heo, H. (2010). Influence of operations variables on fast pyrolysis of miscanthus sinensis var. Sinensis var. *Bioresource Technology*, 3672-3677.
- Tan, S. T., Ho, W. S., & Hashim, H. (2015). Energy, economic and environmental (3E) analysis of waste-to-energy (WTE) strategies for municipal solid waste (MSW) management in Malaysia. *S.T. Tan et al. / Energy Conversion and Management* 102, 111–120.
- Todoproductosfinancieros.com. (2018). *TIR y VAN: Cálculo y concepto*. Obtenido de <http://todoproductosfinancieros.com/tir-calculo-y-concepto/>
- UPME. (2011). *Atlas de potencial energético de la Biomasa Residual en Colombia*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Obtenido de <https://biblioteca.minminas.gov.co/pdf/ATLAS%20POTENCIAL%20ENERGETICO%20BIOMASA%20RESIDUAL%20COL.%20UPME.pdf>
- UPME. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. Bogotá: Unidad de Planeación Minero Energético.
- Valencia, W. (2011). Indicador de rentabilidad de proyectos: el valor actual neto (van) o el valor económico agregado (eva). *Industrial Data-*, 14(1), 15-18.
- Vinodh, S., & Joy, D. (2012). Structural equation modelling of lean manufacturing practices. *International Journal of Production Research*, 50(6), 1598-1607.
- WRAP. (2013). *University of Southampton Science Park- Flexibuster Anaerobic Digester supplied by SEaB Energy*. Recuperado el 13 de Abril de 2019, de <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/University%20of%20Southampton.pptx>

## Capítulo 8. Glosario

**Biodegradable:** es el material que naturalmente se descompone en los elementos químicos que lo conforman debido a la acción de agentes biológicos como son plantas, bacterias, hongos entre otros y por ende, tiene un proceso de reincorporación a la naturaleza más amigable con el medio ambiente (Castro, 2014).

**Biodigestor:** recipiente en donde se produce un proceso de transformación de la biomasa en biogás y otros subproductos, por la acción anaerobia (sin aire) de microorganismos, principalmente bacterias (Motta & Pinzón, 2011).

**Biogas:** Combustible gaseoso generado a partir del proceso de descomposición de la materia orgánica a causa de la acción de microorganismos como bacterias, que al realizar su proceso de degradación, transforma la materia orgánica en gases como el metano, dióxido de carbono y otros gases en menor porción; este biogás es empleado en el proceso de generación de energía (Motta & Pinzón, 2011).

**Biomasa:** es la materia orgánica degradada naturalmente resultante del proceso biológico que puede tener como fin ser la materia prima para un aprovechamiento secundario en generación de energía a partir de la misma (Motta & Pinzón, 2011).

**Disposición final de residuos:** se hace mención a la acción de confinar residuos sólidos en un área designada a fin de evitar contaminación de las zonas donde estos productos son generados, evitando con ello afectación a la salud y el medio ambiente (Castro, 2014).

**Energía:** capacidad que tiene la materia de producir trabajo en forma de movimiento, luz, calor, etc (Galán, 2016).



**Energía renovable:** energía obtenida a partir de las fuentes naturales presentes en el medio ambiente, las cuales son virtualmente inagotables y se regeneran por sí solas (Galán, 2016).

**Estudio de mercado:** es un estudio de demanda, oferta y precios de un bien o servicio. El estudio de mercado requiere análisis complejos y se constituye en la parte más crítica de la formulación de un proyecto, porque de su resultado depende el desarrollo de los demás capítulos de la formulación, es decir, ni el estudio técnico, administrativo ni financiero se realizarán a menos que éste muestre una demanda real o la posibilidad de venta del bien o servicio (Mesa, 2013).

**Indicador de evaluación de proyecto:** son índices o indicadores financieros que ayudan a determinar la viabilidad de un proyecto, es decir, ayudan a determinar al inversionista si hay o no conveniencia de inversión de un capital en un proyecto o negocio (Galán, 2016).

**Potencial Energético:** capacidad de generación de energía luego de un proceso de transformación para un residuo agrícola (Galán, 2016).

**Residuos:** Restos de productos sólidos, semisólidos, líquidos o gaseosos resultantes del consumo o uso de un bien en actividades del ser humano que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final (Galán, 2016).

**Separación en la fuente:** Es la acción de clasificar los residuos en el sitio donde se generan para su posterior eliminación y/o aprovechamiento (Motta & Pinzón, 2011).

**Tasa Interna de Retorno (TIR):** “La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) o valor presente neto (VPN) es igual a cero. Estos Valores VAN o VPN son calculados a partir del

flujo de caja, trayendo todas las cantidades futuras - flujos negativos y positivos- al presente”  
(Ttodoproductosfinancieros.com, 2018).

**Valor Presente Neto VPN:** también llamado VAN, Valor Actual Neto, es el resultado de la suma de todos los flujos de caja traídos a valor de hoy en donde se mide el aporte económico de un proyecto a los inversionistas, lo cual puede significar creación de valor o detrimento de la inversión, dicho de otras palabras, es el excedente que queda para el o los inversionistas después de haber recuperado la inversión y el costo de oportunidad de los recursos destinados.

**Waste to Energy WTE:** es un compendio de técnicas de aprovechamiento de residuos para generar energía en forma de calor y/o electricidad.